BULLETIN
AGRONOMIQUE
antilles - guyane

ISSN - 0765-0787

N° 9 - DECEMBRE 1989

p. 4268

BAA-9

INRA-CRV
28.FEV.1990
UNITE CENTRALE DE DOCUMENTATION
- VERSAILLES -

SPECIAL CANNE

INRA

SOMMAIRE

Données bibliographiques sur les nématodes de la canne sucre.
(CASTAGNONE-SERENO Ph.) Page 2

Evaluation des coûts de production en culture de canne sucre irriguée à la Guadeloupe.
(COMBRES J.C.) Page 6

Etat phytosanitaire des cultures de canne à sucre à Marie-Galante (Guadeloupe).
(COCHEREAU P. & JEAN-BART A.) Page 13

Utilisation d'écosystèmes naturels : application à la dégradation anaérobie des vinasses de canne à sucre. (BAZILE F. & BORIES A.) Page 20

Premier essai d'irrigation souterraine en goutte à goutte sur canne à sucre à la Guadeloupe. (COMBRES J.C., BUSSIERE F. & BASTERGUE P.) Page 27

Irrigation de l'Est de la Grande-Terre et valorisation de l'eau par les systèmes de production en place.
(FABRI C., GARGANTA E., PETIT J.-M., PINDARD A. & SIZAM-BASTAREAUD S.) Page 34

Un logiciel d'aide à la décision pour conduire l'irrigation de multiples parcelles de canne à sucre. (ROBIN P., COMBRES J.C. & KAMIENIARZ C.) Page 39

Les nématodes de la canne à sucre dans les Antilles Françaises.
I - Données sur les peuplements.
II - Premiers essais nématicides.
(KERMARREC A., ANAIS A. & CASTAGNONE-SERENO Ph.) Page 46

Les nématodes associés à la canne à sucre à la Martinique. Etude préliminaire.
(CADET P.) Page 58

Quelques problèmes pathologiques du système aérien de la canne à sucre en Guadeloupe. (TORIBIO J.A. & BERAMIS M.) Page 64

Les causes de pourriture des racines de canne dans le monde. Méthodes de lutte. Applications possibles aux Petites Antilles. (MESSIAEN C.M. & HOUNTONDJI A.) Page 68

Distribution des sucres dans la tige de deux variétés de canne à sucre.
(CELESTINE-MYRTIL-MARLIN D.A.) Page 72

La filière rhum et la production cannière. (PARFAIT . & FAHRASMANE L.) Page 76

Les cultures *in vitro* : un nouvel outil au service du progrès agricole en Guadeloupe.
II. Canne à sucre. (FELDMANN Ph., FEREOL L. & ROTT Ph.) Page 79

DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES NEMATODES DE LA CANNE A SUCRE

CASTAGNONE-SERENO Ph.

INRA Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane
BP 1232 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

Les rendements de la culture de canne à sucre aux Antilles françaises sont en baisse régulière depuis vingt ans, sans qu'aucun facteur réellement déterminant permette d'expliquer cette régression. Dans l'hypothèse généralement admise d'une situation de « fatigue des sols », le rôle de la nématofaune, tel qu'il est rapporté dans la littérature, est analysé. Le mécanisme de l'action pathogène vis à vis du système racinaire de la plante est présenté, ainsi que les principales données actuelles en matière de lutte chimique.

Mots-clefs additionnels : Zone tropicale, Antilles, Lutte chimique.

SUMMARY

Review on the sugarcane nematodes.

Yields of sugarcane in the French West Indies have been regularly decreasing for twenty years, without any determinant factor explaining this decline. Through the generally accepted hypothesis of a « soil sickness » situation, the role of the nematofauna is analysed, with emphasis on its pathogenic action towards the root-system of the plant. The main actual data on the chemical protection against these parasites are presented.

Additional keywords *: Tropics, Caribbean, Chemical control.*

I - INTRODUCTION

La production de canne à sucre dans la zone caraïbe se détériore régulièrement depuis deux décennies environ. Dans une analyse récente, GERMANI (1983) souligne le net déclin des rendements : en Martinique, par exemple, la production moyenne par hectare est passée de 87 tonnes en 1963 à 44 tonnes en 1982. Il suggère une liaison étroite entre cette régression et le syndrôme de « fatigue des sols », qui s'étend aisément dans les régions tropicales. D'autres facteurs agronomiques sont à prendre en compte (cultivars mal adaptés, pratiques culturales inadéquates, maladies et ravageurs des parties aériennes), mais le « compartiment sol », au sens large, reste sans doute l'élément explicatif déterminant. Il est plus spécifiquement caractérisé, dans le contexte antillais, par trois composantes essentielles : la détérioration physico-chimique des terres cultivées (notamment leur acidification progressive), les dégâts dûs aux champignons telluriques (du genre *Pythium* en particulier) et les attaques de nématodes.

C'est ce dernier aspect qui est développé dans cette note. Après une présentation succincte des principales espèces de nématodes rencontrées aux Antilles (en comparaison à d'autres pays producteurs), on analysera - à partir d'un tour d'horizon non exhaustif des travaux de ces dernières années - leur incidence sur le développement de la plante et les conséquences agronomiques qui en découlent en matière de lutte chimique (avec un rappel des matières actives les plus fréquemment utilisées ou testées).

II - LES PRINCIPALES ESPECES DE NEMATODES ET LEUR ACTION SUR LA CANNE A SUCRE

La nématofaune associe à la canne à sucre aux Antilles est assez bien connue. Elle se caractérise par la forte dominance, au sein des populations phytophages, de trois ou quatre genres ou espèces. Les sols canniers de Martinique hébergent, dans l'ordre d'abondance, *Helicotylenchus sp.* (essentiellement *H. dihystera* et *H. erythrinae*), *Pratylenchus zeae, Rotylenchulus reniformis* et, à un niveau plus faible, *Meloidogyne sp.* (GERMANI, 1983). Le même type de peuplement est décrit en Guadeloupe (SCOTTO LA MASSESE, 1969; KERMARREC & SCOTTO LA MASSESE, 1972), avec une large dominance de *Helicotylenchus dihystera*, suivi par *Pratylenchus zeae* et *Meloidogyne incognita*. D'autres nématodes phytophages sont présents, mais leur fréquence reste tojours modeste; citons les genres *Criconemoides, Longidorus, Xiphinema* et *Tylenchorhynchus*. Il est intéressant de noter que l'on retrouve un schéma très voisin dans de nombreux autres pays producteurs de canne sucre (Tab. 1); les trois genres précédents sont dominants ailleurs dans le monde, avec cependant un ordre variable selon la localisation géographique. L'action pathogène des nématodes sur la canne est fortement influencée par le type de sol sur lequel est implantée la culture. En effet, les pertes de récolte causées par les nématodes sont généralement plus faibles en sol lourd (argileux) qu'en sol léger (sableux). CADET *et al.* (1982) ont observé que les nématodes parasites ne se mul-

tiplient abondamment que sur les racines issues de la bouture, pendant l'émission des tiges. Cela a pour conséquence une réduction notable du nombre de tiges (une des composantes du rendement) du fait d'un tallage nettement diminué. Ces mêmes auteurs notent qu'en sol léger les attaques sont précoces et rapides (et affectent alors les tallages primaire et secondaire), alors qu'elles sont beaucoup plus progressives en sol lourd (où elles n'intéressent que le tallage secondaire). Ils concluent que l'action pathogène des nématodes - surtout en sol léger - se manifeste essentiellement au cours des premières semaines qui suivent la plantation. La transposition de ces résultats dans le cadre antillais permet de dégager assez facilement des "zones à risques" qu'il convient de surveiller avec la plus grande vigilance : en effet, en prenant comme exemple la Guadeloupe, et si l'on se réfère aux qualités agropédologiques très variables des sols plantés en canne, on peut supposer que les zones de culture de la Basse-Terre (où l'on rencontre une majorité de sols légers, de type ferrallitique ou alluvial) sont *a priori* beaucoup plus favorables à des infestations sévères que celles situées en Grande-Terre, caractérisées au contraire par des sols nettement moins bien structurés, et peu filtrants.
Même si les données bibliographiques précises sont rares (et parfois contradictoires), il convient de signaler la possibilité de l'action indirecte de certains nématodes, qui agiraient par synergie avec des champignons du sol; GERMANI (1983) signale ainsi un "effet néfaste additionnel" de *Meloidogyne sp.* et *Helichotylenchus sp.* associés à *Pythium arrhenomanes*, alors que VALLE-LAMBOY & AYALA (1980) rapportent au contraire un antagonisme marqué entre *Meloidogyne incognita* (ou *Pratylenchus zeae*) et *Pythium graminicola*, toujours sur canne à sucre.

TABLEAU 1 - Les principaux nématodes de la canne à sucre dans divers pays producteurs.

Pays	Classement des genres par ordre d'abondance			Référence
	Helicotylenchus	*Meloidogyne*[a]	*Pratylenchus*[b]	
Afrique du Sud	1	—	2	Anomyme, 1978
Amérique latine[c]	2	3	1	ESCOBAR, 1979
Brésil	3	1	2	GOMES et NOVARETTI, 1985
Indonésie	1	3	2	SISWOJO, 1984
Japon	3	1	2	NAKASONO *et al*, 1984
Malaisie	—	—	1	RAZAK, 1982

a - *M. javanica* et *incognita* essentiellement
b - *P. zeae, coffeae* ou *brachyurus*
c - Argentine, Bolivie, Colombie, Equateur, Mexique, Nicaragua, Porto Rico, Salvador, Venezuela

III - LES BASES ACTUELLES DE LA PROTECTION CHIMIQUE DE LA CANNE CONTRE LES NEMATODES

Diverses techniques culturales peuvent être envisagées pour limiter l'impact des attaques de nématodes sur canne à sucre. Néanmoins, la lutte chimique semble être à l'heure actuelle - si l'on se réfère à la bibliographie - l'arme la plus efficace pour assurer une production satisfaisante et régulière. Du fait du mécanisme de l'action pathogène des nématodes, les nématicides doivent être dotés d'une activité "rapide" (c'est à dire libérant leur matière active le plus vite possible) de façon à assurer une protection efficace des jeunes racines émises par la bouture, pendant les premières semaines qui suivent la plantation. La plupart des travaux actuels s'accordent à mettre en évidence une augmentation de rendement consécutive à un traitement nématicide, qui peut atteindre 82 p. cent de production pondérale supplémentaire par rapport au témoin non traité, selon WARAITCH (1984). Encore faut-il se demander si le produit n'affecte que les nématodes, ou si d'autres facteurs du sol, biologiques ou non, sont également touchés, ce qui est très vraisemblable notamment lors de l'utilisation de fumigants.Plusieurs spécialités, commercialisées sous forme de granulés, donnent des résultats satisfaisants, lors d'un application à la plantation. Les matières actives les plus fréquemment citées sont l'aldicarbe, le carbofuran, l'éthoprophos, le fensulfothion, le phénamiphos et le terbuphos (BULL, 1981; MOBERLY & CLOWES, 1981; NOVARETTI *et al.*, 1985; WARAITCH, 1982). CHANDLER (1980) souligne l'importance des conditions de pluviométrie (naturelle ou artificielle) qui suivent immédiatement l'épandage : le contrôle des nématodes et l'augmentation corrélative du rendement sont plus nets lorsqu'une pluie (ou une irrigation) humecte le sol juste après l'application des granulés; l'efficacité du traitement est significativement inférieure lorsque cette humectation n'a pas lieu, même si l'humidité du sol est satisfaisante.

La supériorité des granulés par rapport aux autres formulations n'est cependant pas reconnue par tous les auteurs : CADET (1985) indique que le bromure de méthyle se montre plus efficace que deux nématicides systémiques (aldicarbe et carbofuran) lors d'expérimentations réalisées au Burkina Faso; l'oxamyl utilisé en pulvérisation foliaire présente également une action nématicide intéressante (MOBERLY & CLOWES, 1981).
L'influence de la nature du sol sur l'efficacité du traitement est prépondérante; elle explique sans doute en grande partie les différences d'activité - voire les contradictions - rencontrées dans la littérature. Il est intéressant de rappeler qu'une humidité excessive amène une dégradation et une volatilisation plus rapides de la matière active. D'autre part, dans une étude déjà ancienne relative à l'aldicarbe, JAMET & PIEDALLU (1972) ont montré que sa migration est freinée par une élévation du taux de matière organique. D'autres facteurs, notemment le pH, influent directement ou indirectement sur le comportement des nématicides appliqués sur ou dans le sol. Pour toutes ces raisons, il importe de bien connaître une parcelle avant de décider un traitement : principales composantes de l'analyse agropédoclimatique, précédents culturaux, etc.

IV - CONCLUSION

Cette brève synthèse souligne que des augmentations de rendement peuvent être obtenues (le plus souvent en conditions expérimentales) par l'utilisation de diverses matières actives nématicides, mais ne mentionne pas celles qui peuvent être utilisées par les agriculteurs aux Antilles. C'est qu'à ce jour, aucune demande d'homologation n'a été déposée, ni en Martinique ni en Guadeloupe, pour une quelconque spécialité active contre les nématodes de la canne à sucre. De ce fait, on comprend mieux que peu de choses soient connues dans ce domaine dans ces deux départements. Il est clair qu'une réactualisation et un approfondissement des connaissances sont nécessaires pour proposer à la profession une solution - même partielle - permettant d'enrayer la baisse régulière des rendements de cette culture. Des études nématologiques (peuplements selon la profondeur et le type de sol, remodelé ou non) et phytopharmaceutiques (essais en sols ferrallitiques de divers nématicides) ont été faites par l'INRA et sont présentées dans un autre article.
Une question se pose d'emblée : un traitement nématicide peut-il être rentable dans le contexte antillais ? Est-il même souhaitable ? Seules des expérimentations de grande envergure pourraient apporter des éléments de réponse, mais il est certain que d'autres solutions sont à étudier, avec au moins autant de conviction que la lutte chimique : la recherche de variétés résistantes ou tolérantes, la mise au point de pratiques culturales mieux adaptées (solarisation, apports de matières organiques telles que les écumes, la bagasee...), autant d'alternatives qui permettraient une utilisation plus rationnelle des potentialités et des ressources locales, tout en préservant un certain équilibre du milieu et en n'augmentant pas de façon substantielle la part des intrants dans les charges déjà lourdes de l'agriculteur.

REFERENCES

Anonyme, 1978 - South African Association Experiment Station. Annual Report 1977-78, 86 p.

BULL R.M., 1981 - Studies and observations on nematode control in the Bundaberg district. *In* Proc. 1981 Conf. Austr. Soc. Sugar Cane Technologists, Bundaberg, Queensland, 11-15 mai 1981, 267-274.

CADET P., 1985 - Incidence d'un traitement au bromure de méthyle sur la production de la canne à sucre au Burkina Faso. *Rev. Nématol.*, 8(2), 182-184.

CADET P., QUENEHERVE P. & MERNY G., 1982 - Pathogenic action of nematodes on irrigated sugarcane. *Rev. Nématol.*, 5 (2), 205-209.

CHANDLER K.J.,1980 - Continued experiments with non-volatile nematicides in North Queensland sugarcane fields. *In* Proc. 1980 Conf. Austr. Soc. Sugar Cane Technologists, Cairns, Queensland, 28 avril-2 mai 1980, 75-82.

ESCOBAR G.J., 1979 - *Contribution to the knowledge of plant-parasitic nematodes in sugarcane in the Latin America.* Dept. de Proteccion de Plantas, Fac. de Agronomia y Veterinaria. Univ. Guayaquil, Ecuador.

GERMANI G., 1983 - *Les nématodes parasites associés aux plantes cultivées en Martinique et en Guyane (Etude préliminaire).* Document ORSTOM, 30 p.

GOMES R.S. & NOVARETTI W.R.T., 1985 - A survey of parasitic nematodes of sugarcane on the Bonfin factory estate. *Nematologia Brasileira*, 9 (1), 135-141.

JAMET P. & PIEDALLU M.A., 1972 - Contribution à l'étude de la migration de l'aldicarbe dans le sol. *In* Journées d'études sur le Temik, Versailles, 5-6 déc. 1972, 67-76.

KERMARREC A. & SCOTTO LA MASSESE C., 1972 - Données nouvelles sur la composition et la dynamique de la nématofaune des sols des Antilles françaises. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 4 (4), 513-527.

MOBERLY P.K. & CLOWES M.S.J., 1981 - Trials with nematicides registered for use on sugarcane in South Africa. *In* Proc. 55th. Congr., South Afr. Sugar Technol. Assoc., Mount Edgecomb, 92-98.

NAKASONO K., TSURUMACHI M. & TERUYA R., 1984 - Plant-parasitic nematodes associated with vegetables and sugarcane in the subtropical region of Japan, Okinawa, Miyako and Ishigaki islands. *In* Proc. Assoc. Pl. Protect. Kiushu, 30, 126-129.

NOVARETTI W.R.T., NELLI E.J. & CARDERAN J.O., 1985 - Trials of nematicides on sugarcane. *Nematologia Brasileira*, 9 (1), 123-133.

RAZAK A.R., 1982 - Nematodes associated with sugarcane in Malaysia. *In* Proc. Intern. Conf. Pl. Protect. in the Tropics, Kuala Lumpur, 1-4 mars 1982, 165-171.

SCOTTO LA MASSESE C., 1969 - Plant nematodes of crops in the French West Indies. *In* Peachey J.E., Nematodes of tropical crops, Commonwealth Agricultural Bureaux, Technical communication n° 30, 164-183.

SISWOJO, 1984 - Nematode survey of six sugar factory areas. *Bull. Indones. Sugar Res. Inst.*, 96, 1-11.

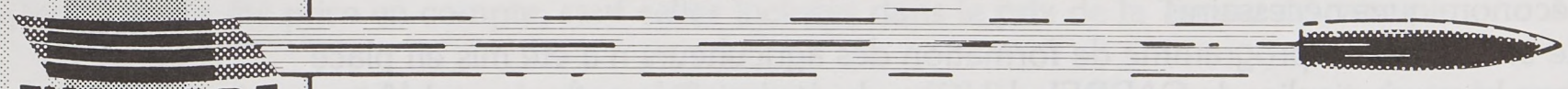
VALLE-LAMBOY S. & AYALA A., 1980 - Pathogenicity of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus zeae*, and their association with *Pythium graminicola* on roots of sugarcane in Puerto-Rico. *J. Agric. Univ. P.-R.*, 64 (3), 338-347.

WARAITCH K.S., 1982 - Effect of doses and time of application of nematicides on sugarcane fields. *Ind. Sugar*, 32 (7), 449-453.

WARAITCH K.S., 1984 - Effect of systemic nematicides on yield of sugarcane. *Trop. Pest Manage.*, 30 (1), 108-109.

FUSILADE X2 : 250 g/l de fluazifop-P. butyl. A.V. n° 8400491.
Attention, suivre toujours les instructions de l'étiquette.
® Marque déposée Imperial Chemical Industries PLC.

FUSILADE® X2
MEURENT
LES GRAMINÉES !

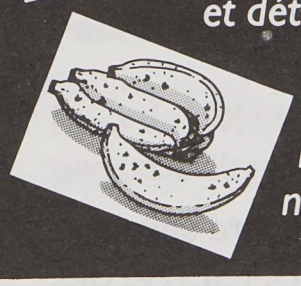


VIVENT
LES CULTURES !

M.A.O.

NOUVEAU

Fusilade X2, nouvel herbicide de postlevée, reste efficace très longtemps et détruit les graminées à n'importe quel stade de leur développement. Il est parfaitement sélectif de très nombreuses cultures :



ananas, banane, tomate, laitue, pois, haricot, soja, ail, échalote, oignon, poireau, carotte, arbres et arbustes d'ornement... Alors, n'hésitez pas, fusillez toutes vos graminées adventices à bout portant, sans aucun risque pour vos cultures.

ICI Sopra

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 6-12, 1989.

EVALUATION DES COUTS DE PRODUCTION EN CULTURE DE CANNE A SUCRE IRRIGUEE A LA GUADELOUPE

COMBRES J.C.

CIRAD-IRFA, Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane,
BP 1232, F 97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

Les coûts standards de production en culture irriguée pour une exploitation utilisant de la main d'oeuvre salariée, sont établis suivant différentes hypothèses d'utilisation du matériel. Une analyse fréquentielle des coûts et gains de l'irrigation ainsi que des marges brutes (revenu - coût de production) est conduite en fonction des probabilités de déficit hydrique. L'irrigation apparaît plus rentable que la culture pluviale mais elle doit être très bien gérée et ne dégage que de faibles marges moyennes. Un aménagement de la tarification et un gros effort de formation sont nécessaires pour dégager des marges conséquentes incitatives.

Mots clés additionnels : *Antilles*

SUMMARY

Evaluation of the profitability of sugarcane irrigation in Guadeloupe (FWI)

The profitability of irrigated sugar-cane fields is evaluted against probability of water deficit occurence. The mean profitability is low because of high fixed price of subscription. A better adaptation of water price to real needs of sugar cane is necessary.

Additionnal key-words : Caribbean

I - INTRODUCTION

Le périmètre irrigué de l'Est Grande-Terre en Guadeloupe s'est développé depuis 1983 et était initialement prévu pour couvrir les besoins de la canne à sucre (2/3 des superficies) et des fourrages. Six années après, l'utilisation du réseau reste modeste car l'irrigation de la canne est peu développée. Le plus gros utilisateur potentiel, et le plus à même de mettre en oeuvre rapidement des techniques nouvelles - GARDEL S.A - irrigue très modestement.
Il convient de s'interroger sur la lenteur de ce développement. De nombreux facteurs peuvent être évoqués, par exemple :

- l'absence de recherches et de projet pilote préalables n'a pas permis de fournir à l'agriculteur les bases techniques et économiques nécessaires
- de ce fait, aucun programme de formation des agriculteurs n'a été mis en place
- dans le cas particulier de GARDEL, le réseau haute pression qui permet de faire fonctionner les canons enrouleurs adaptés à la taille de l'exploitation est limité à 120 l/s et ne permet guère d'irriguer plus de 150 ha
- depuis trois ans la pluviométrie en Grande-Terre a été très satisfaisante, voire excessive, et l'irrigation ne se justifiait guère. C'est assurément un facteur non négligeable lorsqu'on évoque la lenteur du développement.

Mais on peut se demander si le facteur essentiel ne réside pas dans l'incertitude quant à la rentabilité de l'irrigation sur canne. De nombreux éléments font défaut pour établir cette rentabilité de façon certaine : potentiel de production en culture irriguée, coût de restructuration de l'exploitation pour s'adapter à l'irrigation (modification du parcellaire, conduites secondaires ...), besoins réels en matériel et main d'oeuvre d'une exploitation où l'irrigation est bien gérée, etc.
Il paraît toutefois intéressant d'établir des coûts standard et leur évolution en fonction de la probabilité d'apparition du déficit hydrique pour cerner ces problèmes de rentabilité.

II - METHODE

Nous nous sommes placés dans le cas défavorable d'une exploitation employant de la main-d'oeuvre salariée.
Les coûts « agronomiques » hors irrigation proviennent des données fournies par le CTCS et le SUAGER et des réalisations que GARDEL S.A. a bien voulu nous communiquer.
Les coûts d'irrigation sont établis pour une exploitation utilisant des canons enrouleurs. Plusieurs hypothèses de travail sont envisagées :

H1 - irrigation 20 heures/jour apports de 40 mm
H2 - irrigation 20 heures/jour apports de 20 mm

H3 - irrigation 10 heures/jour apports de 40 mm
H4 - irrigation 10 heures/jour apports de 20 mm

Pour juger de la rentabilité de l'irrigation, il ne faut pas raisonner en fonction du seul coût de l'eau. On comparera l'évolution du coût des apports d'eau avec celle des gains espérés en fonction du déficit hydrique. On considère une efficience de l'eau de 1 Tonne de canne/cm d'eau apportée. Cette valeur n'est pas pessimiste. On considère parfois 0,8 Tonne/cm d'eau. Il se peut qu'au niveau global de l'exploitation, l'inefficacité de certaines irrigations suivies d'une pluie réduise l'efficience.
Le gain est estimé en considérant un rendement moyen, en irrigué, toutes repousses confondues, de 77 Tonnes de canne/ha, soit 5 Tonnes de plus que le rendement pluvial observé dans les meilleures conditions hydriques. Ce dernier est issu de l'analyse fréquentielle du déficit hydrique (MOUNIER et BASTERGUE, 1986) et des travaux de PELLERIN (1986), et figure au tableau 1.

TABLEAU 1 - Rendement pluvial

Besoins irrigation (mm/an)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Rendement pluvial (T/ha)	72	68,5	62,5	57,5	52	46	42,5	40	37,5	34,5	31

Le prix de la Tonne de canne livrée à l'usine est en 1989 de 295,02 F pour une richesse de 9 p. cent. Pour une récolte semi-mécanisée, la plus répandue, avec coupe manuelle et levage au *cane-loader*, le contrat moyen de coupe est de 3 à 3,3 Tonnes/jour/homme. La journée de manoeuvre coûte 300 F charges comprises soit 90 à 100 F/Tonne. Le coût du levage et du transport (main d'oeuvre + matériel) est de 30 F/Tonne. Le prix de la Tonne de canne sur pied est donc de 165 à 175 F. Une moyenne de 170 F a été retenue pour cette étude.

Dans la pratique, les techniques de récolte, la richesse et les frais de transport (distance à l'usine) peuvent faire évoluer ce prix de façon sensible.

On n'a pas tenu compte de l'évolution possible de la richesse avec le déficit hydrique (témoin pluvial) ni d'une éventuelle modification de richesse avec l'irrigation (encore mal connue).

Aucune subvention n'a été prise en compte, sauf celles incluses dans le prix de la Tonne de canne.

L'irrigation peut paraître très rentable pour les forts déficits hydriques (DH) car elle compense une chute de rendement. Mais alors le coût total de production est élevé et la marge brute peut s'avérer négative. A l'inverse lorsqu'elle n'est pas rentable, pour les faibles DH, la marge brute est positive. L'agriculteur a un manque à gagner cette année là mais ne perd pas d'argent. C'est donc globalement et fréquentiellement qu'il faut comparer les marges brutes et la marge moyenne pondérée = somme des (marges x fréquence).

Les hypothèses sont les suivantes :

Culture pluviale : rendements issus de l'étude fréquentielle, 5 repousses, cycle 6 ans
Culture irriguée : équipement prévu pour apporter au maximum 400 mm, 7 repousses , cycle 8 ans. Rendement moyen 77 Tonnes/ha.
Facturation actuelle : 650 F/ha + 0,32 F/m3 ;

Pour des DH supérieurs à 400 mm on considère une diminution de rendement en irrigué de 5 Tonnes/50 mm. Elle pourrait être évitée si l'agriculteur choisit une « stratégie d'urgence » en irrigant 24 h/24 et 7 jours/7.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Coût agronomique de production hors irrigation

L'évaluation en est donnée au tableau 2.

TABLEAU 2 - Evaluation du coût de production hors irrigation

Opérations	Canne plantée		Repousses	
	Quantité	Montant (F)	Quantité	Montant (F)
Main-d'œuvre	26 j	9 100	7,5 j	2 625
Préparation sol		3 300		0
Matériel végétal	8 T	2 400		
Engrais - produit		1 300		1 660
Mécanisation	2 × 2 h	400	2 × 2 h	400
Herbicide - produit		800		400
Mécanisation	2 × 2 h	400		
Sarclage mécanique	2 h	200		
		17 900		**5 085**
Frais généraux		**2 000**		**2 000**
Total		**19 900**		**7 085**

Coût moyen sur 6 ans : 9 220 F = 54,24 T/ha

Coût moyen sur 8 ans : 8 687 F = 51,10 T/ha.

3.2. Coût moyen de l'irrigation

3.2.1. Bases de calcul

- Amortissement : équipement de l'exploitation à raison d'une moyenne d'un canon enrouleur pour 50 ha amorti en 5 ans travaillant 20 h/jour, 6 jours/7 (chiffres issus de l'estimation des besoins globaux d'une exploitation équilibrée (COMBRES, 1989)).

Coût de l'appareil + frais financiers 180.000 F
Amortissement/ha/an 720 F

- Charges par position :
Tracteur 50 cv avec 1 chauffeur et 1 aide par position
Amortissement du tracteur : prix d'achat + 50 p. cent d'entretien amortis sur 6000 h (120.000 + 60.000) /6000 = 30 F/heure.

Entretien de l'enrouleur : usure du tuyau, entretien général 10.000 F/an.
Utilisation moyenne 6 passages de 40 mm sur 1,7 ha
soit 180 positions par an, soit 55 F/position.

Main d'oeuvre : 350 F/jour, 6 heures de travail effectif/jour
1 heure/position (350 x 2)/6 = 117 F/position

Coût par position :

tracteur	30 F
carburant + lubrifiants	20 F
entretien enrouleur	55 F
main-d'oeuvre	117 F
Total	222 F/position de 1,7 ha
soit =	130 F/ha

- Eau abonnement 650 F/ha/an
tarif 0,32 F/m3
consommation moyenne : 240 mm (6 passages de 40 mm)
soit 768 F d'eau/an.

3.2.2. Résultats en fonction des hypothèses de fonctionnement des canons enrouleurs.

Ils sont portés au tableau 3.

TABLEAU 3 - Coûts de l'irrigation selon les 4 hypothèses de fonctionnement

	20 h / jour		10 h / jour	
	H1 - 40 mm	**H2 - 20 mm**	**H3 - 40 mm**	**H4 - 20 mm**
Abonnement	650	650	650	650
Amortisseur enrouleur	720	720	1 440	1 440
Coût des passages	780	1 560	780	1 560
Eau	768	768	768	768
Total F	**2 918**	**3 698**	**3 638**	**4 418**
Equivalent en Tonnes de canne/ha (170 F/T)	**17,2**	**21,8**	**21,4**	**26,0**

Par rapport à ces coûts standard, des économies pourraient être réalisées en réduisant le coût des passages, pour lesquels la main-d'oeuvre représente plus de 50 p. cent. Mais il faudrait alors augmenter l'investissement :

- mise en place de conduites secondaires enterrées avec une prise par position. 1 tractoriste et 1/2 heure par position suffiraient (coût/position/ha = 79 F au lieu de 130)
- chaque fois que c'est possible, utiliser des canons avec tuyau de 400 m au lieu de 200 m : coût par position 40 F/ha.

Dans la pratique actuelle, les coûts sont supérieurs à l'hypothèse 4, la main d'oeuvre ne travaillant pas 6 jours sur 7, et passant plus d'une heure par position. L'hypothèse 1 correspond à un optimum à rechercher mais qui semble difficile à obtenir rapidement, d'autant que des apports de 40 mm ne sont pas toujours réalisables.

3.3. Analyse fréquentielle des coûts, gains et marges en fonction du déficit hydrique

3.3.1. Coût et gain de l'irrigation avec la tarification actuelle de l'eau

Si l'on établit les charges fixes et proportionnelles pour des apports de 50 mm (afin de correspondre à l'analyse fréquentielle des déficits hydriques) on obtient les valeurs indiquées au tableau 4.

TABLEAU 4 - Charges pour des apports de 50 mm

Hypothèse	H1	H2	H3	H4
Composantes du coût				
Charges fixes				
Abonnement	650	650	650	650
Amortissement	720	720	1 440	1 440
Charges proportionnelles				
Coût des passages pour 50 mm	162,5	325	162,5	325
Coût 50 mm d'eau	160	160	160	160

L'évolution des coûts et gains en fonction du DH est retracée au tableau 5.

TABLEAU 5 - Evolution des coûts et gains en fonction du déficit hydrique

	Coût					Gain	
Fréquence cumulée %	**DH mm**	**H1 F/ha**	**H2 F/ha**	**H3 F/ha**	**H4 F/ha**	**T/ha**	**F/ha**
	0	1370	1370	2090	2090		
0,067	50	1692,5	1855	2412,5	2575	5	850
0,167	100	2015	2340	2735	3060	8,5	1445
0,35	150	2337,5	2825	3057,5	3545	14,5	2465
0,50	200	2660	3310	3380	4030	19,5	3315
0,667	250	2982,5	3795	3702,5	4515	25	4250
0,867	300	3305	4280	4025	5000	31	5270
0,934	350	3627,5	4765	4347,5	5485	34,5	5865
0,95	400	3950	5250	4670	5970	37	6290

L'évolution du bénéfice (gain-coût) en fonction de la probabilité cumulée d'apparition du DH est donnée figure 1. On constate qu'avec le fonctionnement actuel (H4) **le bilan est négatif 8 années sur 10 !**

Même si l'on arrivait à travailler selon l'hypothèse H1 il resterait négatif 3 années sur 10. Cela provient du **poids excessif des charges fixes,** qu'il conviendra de réduire si l'on veut rentabiliser l'irrigation.

3.3.2. Marge brute en culture pluviale et irriguée

Les résultats sont représentés sur la figure 2 pour les 4 hypothèses de travail.
En pluvial on obtient une marge brute moyenne pondérée d'environ 100 F/ha et par an.
Cette **marge en pluvial est supérieure à celle de l'agriculture irriguée avec la tarification actuelle** (72 F/ha/an) lorsqu'on travaille avec l'hypothèse H4.

Bien que la notion de fréquence des marges soit difficilement accessible à l'agriculteur moyen, **la poursuite du système actuel,** tant du point de vue de l'organisation du travail que de celui de la facturation, **conduirait inéluctablement à un échec** et à un retour à la culture pluviale. Des solutions existent, et reposent sur une modification de la tarification de l'eau (COMBRES, 1989).

Il faut toutefois remarquer que les hypothèses H1 à H3 laissent des marges positives 9 années sur 10. L'irrigation est donc rentable, mais les marges restent modestes et peu attractives.

Fig1: BENEFICES DE L'IRRIGATION DANS LES CONDITIONS ACTUELLES
SI L'EQUIPEMENT EST SUBVENTIONNE A 60% AJOUTER 432F A H1 ET H2, 864F A H3 ET H4

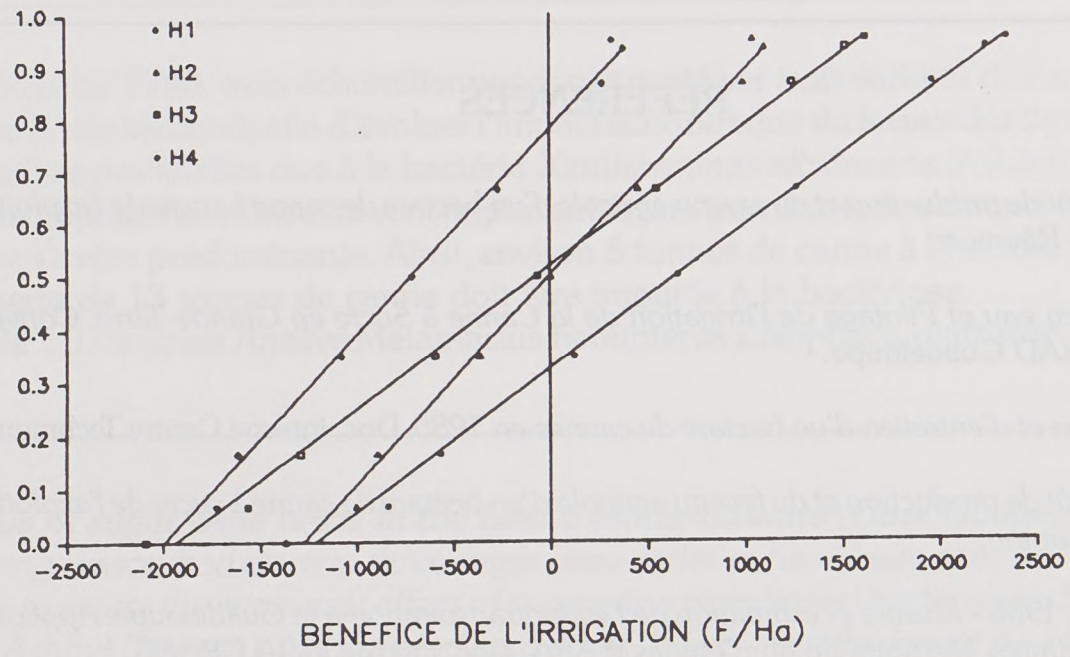
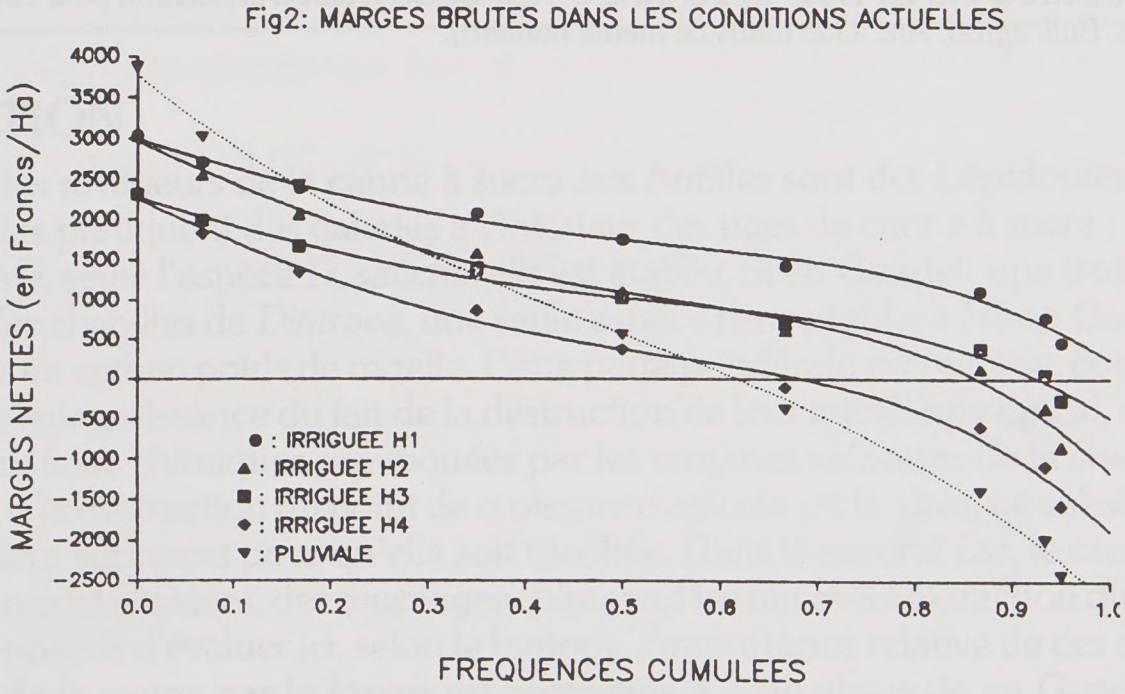


Fig2: MARGES BRUTES DANS LES CONDITIONS ACTUELLES



IV - CONCLUSION

L'irrigation de la canne à sucre est le plus souvent rentable mais nécessite une bonne organisation (formation) car une dérive, notamment au niveau de la main d'oeuvre, peut compromettre la rentabilité. Ce problème est moins aigu sur les exploitations ne faisant pas appel à de la main d'oeuvre salariée.
L'analyse fréquentielle des besoins en irrigation montre qu'une année sur trois on n'apportera pas plus de 150 mm (4 irrigations). Au cours de l'année, les apports ne se situeront pas sur les mêmes parcelles : cannes de début de campagne irriguées d'avril à août, cannes de fin de campagne irriguées de décembre à mars (COMBRES, 1989). De ce fait, la canne ne peut pas supporter des charges fixes à l'hectare élevées, car la déficit peut survenir aléatoirement à n'importe quelle période et l'on ne sait pas *a priori* si une parcelle sera ou non irriguée.

La rentabilité maximale sera obtenue dans les conditions suivantes :
- matériel mobile type canons enrouleurs pouvant intervenir à la demande sur l'ensemble de l'exploitation
- exploitation permettant une intervention immédiate des canons au moment opportun : passage de canons prévus (parcellaire)
- modification de la tarification pour réduire voire annuler les charges fixes/ha
- augmentation des rendements en culture irriguée : choix variétal, fumure accrue
- utilisation du logiciel IRRICANNE (ROBIN *et al.*, 1989) pour appliquer au moment opportun l'eau juste nécessaire (efficience maximale de l'eau)

Ces objectifs peuvent être rapidement atteints et assureraient une stabilité des rendements favorables à l'ensemble de la filière canne.

REFERENCES

Anonyme, 1987 - *Evaluation du coût de production et du revenu agricole d'un hectare de canne à sucre de l'exploitation familiale - campagne 1986-1987.* Doc. interne CEEMAT Réunion.

COMBRES J.C., 1989 - *Besoins en eau et Pilotage de l'irrigation de la Canne à Sucre en Grande-Terre. Convention Régionale. Rapport d'exécution.* Doc. interne IRFA-CIRAD Guadeloupe.

CTCS, 1986 - *Coûts de replantation et d'entretien d'un hectare de cannes en 1985.* Doc. interne Centre Technique de Canne et du Sucre .

LOUIS R., 1989 - *Evaluation du coût de production et du revenu agricole d'un hectare de canne à sucre de l'exploitation familiale. Campagne 1987-1988.* Doc. interne D.A.F. Réunion.

MOUNIER E. & BASTERGUE P., 1986 - *Mesure et estimation de l'évapotranspiration à la Guadeloupe. Application à l'étude fréquentielle des besoins en eau de quelques cultures.* Mémoire de fin d'études ISARA. Doc. interne INRA CRAAG.

PELLERIN S., 1986 - L'eau, facteur limitant des rendements en canne à sucre : cas du domaine de GARDEL (Guadeloupe). *Bull. Agron. Ant. Guy., 4, 37-45.*

ROBIN P., COMBRES JC.& KAMIENIARZ C., 1989 - IRRICANNE 2 : Un logiciel d'aide à la décision pour conduire l'irrigation de multiples parcelles de canne à sucre. *Bull. agron. Ant. Guy* (dans ce même numéro).

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 13-19, 1989.

ETAT PHYTOSANITAIRE DES CULTURES DE CANNE A SUCRE A MARIE-GALANTE (GUADELOUPE)

COCHEREAU P. (1) et JEAN-BART A. (2)

(1) ORSTOM (2) INRA Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane
BP 1232, 97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

Avant le début de la récolte de 1988, trois échantillonnages ont porté sur trois variétés de canne en deux biotopes contrastés de l'île de Marie-Galante (Guadeloupe), afin d'évaluer l'impact économique du foreur des tiges de canne à sucre *Diatraea saccharalis* F. et de l'échaudure des feuilles due à la bactérie *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson. Si, sur la côte au vent, seules les pertes en sucre imputables à l'insecte sont importantes (environ une tonne de sucre à l'hectare), à la ferme du Vidon l'impact de la bactériose s'avère prédominante. Ainsi, environ 5 tonnes de canne à l'hectare y sont perdues du fait de *D. saccharalis* alors qu'une perte de 13 tonnes de canne doit être imputée à la bactériose.

Mots-clefs additionnels : *Tropiques Antilles* Metamasius hemipterus Lixophaga diatraeae Fulmekiola serrata Diatraea impersonatella

SUMMARY

Pest and disease status of sugar cane fields in the island Marie-Galante (Guadeloupe, FWI)

Before the 1988 cropping season had started, three sugar cane varieties have been sampled in two very different biotopes of Marie-Galante, in order to assess the economic effect of sugar cane stem borer Diatraea saccharalis *F., and of leaf-scald (*Xanthomonas albilineans *(Ashby) Dowson). On the windward coast, losses from the insect pest alone are high (about one metric ton sugar per hectare), but at Vidon experimental farm the bacterial disease prevails : about 5 metric tons of sugar per hectare are lost from* D. saccharalis *while 13 metric tons sugar per hectare must be charged to the bacterial disease.*

Additionnal keywords *:* Tropics Caribbean *Metamasius hemipterus Lixophaga diatraeae Fulmekiola serrata Diatraea impersonatella*

I - INTRODUCTION

Les principaux insectes ravageurs de la canne à sucre aux Antilles sont des Lépidoptères du genre *Diatraea*. Les chenilles de ces pyrales pratiquent des galeries à l'intérieur des tiges de canne à sucre ; parfois, elles attaquent les talles. A Marie-Galante, seule l'espèce *D. saccharalis* est établie. Si en Guadeloupe trois espèces de mouches Tachinaires parasitent les chenilles de *Diatraea*, une seule espèce reste établie à Marie-Galante. Lorsqu'elle se nourrit, la chenille prélève un certain poids de moelle. Cette perte pondérale est minime, comparée à celle résultant de cannes arrêtées dans leur croissance du fait de la destruction de leur méristème apical, ou à la perte de sucre attribuable aux transformations chimiques provoquées par les enzymes salivaires de la chenille et par ses déjections. Dans le premier cas, si la destruction du point de croissance apicale est tardive, ne subsiste qu'une partie d'un diamètre et d'une longueur suffisants pour qu'elle soit récoltée. Dans le second cas, le saccharose est transformé en sucres réducteurs non cristallisables, des mucilages colmatent les filtres et l'extraction du sucre à l'usine devient difficile. Nous nous proposons d'évaluer ici, selon le biotope, l'importance relative de ces deux causes de pertes, tandis que l'infestation de la canne par le foreur est comparée à celle observée en Guadeloupe.

II - LES BIOTOPES ET LA METHODE D'ECHANTILLONNAGE

Le premier biotope est situé sur le plateau de Capesterre au lieu dit Jacquelot ; la région est particulièrement ventilée. Deux parcelles de canne vierge âgées de 18 mois, des variétés B 47258 et BJ 7058, ont été échantillonnées dans ce biotope.

L'autre biotope est constitué par la ferme expérimentale du Vidon. Une pépinière de la variété B 69566, particulièrement sensible à « l'échaudure des feuilles » (BERAMIS, 1982), également âgée de 18 mois, a été échantillonnée. « L'échaudure des feuilles de la canne à sucre » ou leaf-scald, provoquée par la bactérie *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson, est signalée en Guadeloupe depuis 1967 (QUIOT, 1969). La pépinière choisie est située dans un bas-fond humide où des attaques de rats, suivies de celles du Coléoptère Curculionide *Metamasius hemipterus* L. ont été particulièrement sévères. Cette pépinière est issue de boutures expédiées de Guadeloupe en septembre 1986.

La méthode d'échantillonnage utilisée est la même que celle qui a été exposée par ailleurs par COCHEREAU & JEAN-BART (1986). Sur une à huit portions de lignes de dix mètres, tirées au hasard, toutes les talles et cannes, qu'elles soient vivantes ou mortes, sont dénombrées puis prélevées. Le méristème apical de certaines cannes est détruit par une chenille, ou meurt prématurément ; ces cannes stoppées dans leur développement ont été appelées « chicots ». La mortalité de leur apex peut être attribuée au foreur, ou bien à une autre cause, en particulier à l'échaudure des feuilles. Les chicots sont alors rangés en deux catégories, selon qu'ils sont « usinables » ou non. On considère qu'un chicot est assimilable à une talle morte normalement, du fait de la régulation naturelle des talles ou de la compétition entre elles, lorsque la longueur ne dépasse pas 25 centimètres. Le poids moyen de chaque catégorie de canne ou de chicot et leur nombre moyen à l'hectare permettent alors d'évaluer le rendement de chaque parcelle et les pertes qui peuvent y être attribuées à la maladie ou au foreur. L'évaluation des pertes pondérales attribuables à l'insecte repose sur la différence constatée entre le poids moyen de la canne vivante forée ou celui du « chicot usinable » foré et le poids moyen de la canne saine correspondante ; les « chicots » non « usinables » forés sont considérés comme représentant autant de cannes saines qui n'ont pu arriver à la récolte. L'évaluation des pertes pondérales attribuables aux « maladies » ne peut faire intervenir dans l'état actuel de nos connaissances que les nombres de « chicots malades » et le poids moyen de ceux qui sont usinables, comparé au poids moyen de la canne d'aspect sain. Quant aux pertes globales de sucre à l'usine, une formule simple permet d'estimer uniquement celles dues à l'insecte, à partir du pourcentage des entre-noeuds attaqués (ENA).

III - RESULTATS

Des observations plus ponctuelles ont été faites au Vidon sur les variétés B 8008 et B 69379. Cette dernière variété présentait alors de nombreuses floraisons avec de fréquents symptômes d'infestation avancée par l'échaudure des feuilles, c'est-à-dire la mort du méristème apical et de nombreuses « demoiselles » ou « lalas » poussant depuis la base de la tige ; par contre, les « chicots » malades ont semblés moins nombreux sur cette variété que sur la variété B 69566. L'attaque par *Diatraea saccharalis* nous a semblé proche de celle évaluée avec précision sur la pépinière de la variété B 69566, située à proximité. Cette canne de bonne richesse, qui talle bien et donne un bon tonnage, est cependant dure et serait mal acceptée à Marie-Galante à cause de ses poils urticants.
Au lieu-dit Grand-Bassin, nous avons observé une parcelle de la variété B 8008 âgée de 4 mois qui devait avoir subi un stress hydrique suivi d'une attaque modérée du Thrips de la canne à sucre (*Fulmekiola serrata* Kobus) au cours des deux mois qui avaient précédé l'observation. Il ne semble pas que la proximité relative de la mer et le vent chargé de sel soient la cause des symptômes observés.
Les dénombrements observés dans les deux biotopes décrits sont rapportés à l'hectare et rassemblés en trois tableaux (tab. 1,2,3).
A l'examen comparatif des trois tableaux, il apparaît que - au contraire de la pépinière du Vidon (tab. 3), où 1,8 p. cent des entre-noeuds sont attaqués (ce que nous exprimerons par la suite par 1,8 % ENA)- les deux parcelles du biotopes de Jacquelot (tab. 1 et 2) sont fortement attaquées par *Diatraea saccharalis*. En effet, plus de 14 p. cent des entre-noeuds y sont attaqués ; c'est un niveau d'attaque que l'on n'observe pas en Grande-Terre de Guadeloupe en condition comparable de sol et de climat. Par contre, l'échaudure des feuilles est à Jacquelot pratiquement inexistante.
Sur la pépinière du Vidon (tab. 3), la situation est tout à fait opposée sur la variété B 69566. Si les attaques du foreur sont très faibles (1,8 % ENA), par contre l'impact sur le rendement de la maladie due à la bactérie *X. albilineans*, l'agent de « l'échaudure des feuilles », est particulièrement important. Cette situation est préoccupante sur une variété par ailleurs intéressante du fait de son tonnage et de son port.
Les cannes des trois variétés étant âgées de 18 mois, leur longueur moyenne et le nombre moyen d'entre-noeuds par canne présentent des valeurs élevées. D'autre part, des pluies précoces avaient favorisé la pousse de nouvelles talles et de « marottes » vigoureuses qui, dans certains cas, étaient déjà usinables. Sur ces cannes de 18 mois, les rendements à l'hectare sont élevés, particulièrement sur la variété B 47258 à Jacquelot (125 t/ha, avec 12 t/ha de marottes usinables). Cette variété et la variété BJ 7058, plantée dans un champ voisin, présentent à peu près le même niveau d'attaque par le foreur (respectivement 14,1 et 14,6 % ENA).
A Jacquelot, biotope très ventilé, les attaques de *D. saccharalis* se trouvent plutôt au milieu des cannes. Au Vidon, beaucoup plus abrité, la grande majorité des attaques se trouve au sommet des tiges, tandis que toutes les marottes sont attaquées.
A Jacquelot, on observe, au moment de la dissection, de 5 000 à 6 000 chenilles vivantes à l'hectare ; au Vidon, bien que le niveau des dégâts soit beaucoup plus faible sur l'ensemble du cycle, les populations de chenilles sont de 3 700 larves au moment de l'échantillonnage, ce qui peut indiquer le début d'une pullulation de l'insecte dans ce biotope sur des cannes de 18 mois.

Si les cannes avaient été coupées à douze mois à Jacquelot, elles auraient sans doute présenté un taux d'attaques par *Diatraea* beaucoup plus faible. **C'est la date de plantation qui est ici en jeu.** Cependant, vu le régime des pluies à Marie-Galante, est-il possible de modifier cette date ?
Dans les trois situations, nous avons rencontré des pupes vides et deux pupes vivantes d'une tachinaire parasite ; une mouche a été obtenue. Nous pensons qu'il s'agit de *Lixophaga diatraeae* Towns. ; mais cette détermination doit être confirmée. Cette mouche tachinaire a été signalée à Marie-Galante par GALICHET (1975).
Au Vidon, d'importantes attaques de rats (18 p. cent des cannes) ont favorisé la prolifération des larves et des adultes du charançon saprophage *Metamasius hemipterus* L. dont les populations sont évaluées à environ 30 000 larves et adultes à l'hectare. Les rats sont susceptibles de propager la bactérie agent de l'échaudure des feuilles lorsqu'ils rongent les tiges.

ESTIMATION DES PERTES

Sur les deux variétés échantillonnées à Jacquelot on n'observe pas d'échaudure des feuilles ; les pertes sont uniquement attribuables à *D. saccharalis*. Celles-ci résultent d'une petite diminution du tonnage récolté, mais surtout d'une baisse de la richesse saccharine moyenne, et de difficultés d'extraction du sucre à l'usine.
Sur la variété BJ 7058 à Jacquelot (tab. 2), la différence entre le poids moyen de la canne saine et celui de la canne forée est nette et l'on peut par la suite estimer les pertes pondérales de canne attribuables au foreur à au minimum 12,7 tonnes de canne à l'hectare ; en effet, ce chiffre est calculé seulement sur les cannes adultes, sans qu'il soit tenu compte des « chicots ». Par contre, avec les variétés B 47258 et B 69566, échantillonnées respectivement à Jacquelot (tab. 1) et à la ferme du Vidon (tab. 3), il apparaît que le poids moyen de la canne forée est supérieur à celui de la canne saine ; il en est de même si l'on compare les longueurs moyennes de ces cannes. Ce phénomène est observable aussi bien lorsque les populations de l'insecte sont élevées que lorsqu'elles sont faibles. Il faut en conclure que le papillon femelle choisit les cannes qui sont les plus hautes et les plus vigoureuses pour déposer ses pontes. Face à un tel comportement, les pertes pondérales à attribuer à l'insecte restent indéterminables. Si l'on voulait les cerner dans ce cas, il faudrait faire une analyse comparative des cannes saines et des cannes forées par classes de même longueurs ; cette méthode exigeante en temps n'a pu être mise en pratique. Néanmoins, il est évident que les pertes pondérales consécutives aux prélèvement de moelle que pratique la chenille en creusant ses galeries de prises de nourriture sont minimes comparées aux pertes indirectes sur la richesse saccharine de la canne récoltée et à celles subies au moment de l'extraction du sucre à l'usine, surtout lorsque l'infestation par le foreur est importante.
La formule communément utilisée pour estimer les pertes en sucre à la suite d'une attaque de foreur est :

PERTE = k x T x % ENA
PERTE : en tonnes de sucre à l'usine
k : coefficient qui dépend de la variété de canne et de l'intensité de l'attaque
T : sucre produit par l'usine, en tonnes (production observée)
% ENA : pourcentage des entre-noeuds attaqués par *Diatraea*.

Nous en sommes réduits pour le moment à estimer la valeur de k en se fondant sur des observations faites en conditions identiques : elle est voisine de 0,7 dans ce cas (canne pluviale, sol peu épais) ; la richesse moyenne de la canne est de 9,0 ; on ne tient compte ici que du tonnage estimé dans des cannes adultes. Par exemple, avec un tonnage de 125 tonnes de canne à l'hectare, la richesse saccharine moyenne étant 9,0, le sucre extractible est : 125 x 0,09 = 11,25 tonnes à l'hectare.
On obtient ainsi une estimation minimale des pertes en sucre sur les deux parcelles de Jacquelot :
- pour la variété B 47258 : P = 0,7 x 11,25 x 14,1/100 = 1,11 t/ha
- pour la variété BJ 7058 : P = 0,7 x 8,28 x 14,8/100 = 0,85 t/ha

Au Vidon, les pertes de sucre attribuables au foreur sont moins importantes, vu le faible taux d'attaque :
- pour la variété B 69566 : P = 0,7 x 10,39 x 1,8/100 = 0,13 t/ha

Les chiffres du tableau 3 permettent d'estimer qu'au Vidon les pertes de tonnages de cannes dues au foreur avoisinent 5 tonnes de canne à l'hectare sur la variété B 69566 ; par contre, les pertes de tonnages de canne imputables à la mort du sommet des tiges, un symptôme de la bactériose à *X. albilineans*, sont plus importantes ; elles sont estimées à 13 tonnes de canne à l'hectare sur les seuls chicots usinables, sans qu'il soit tenu compte des chicots non usinables malades ; c'est donc une estimation minimale.

TABLEAU 1 - Variété B47 258, plantée, 18 mois, Jacquelot

Caractéristiques des diverses catégories de cannes et de "chicots"

Catégories de cannes	Nombre/ha (1)	L/c (cm)	EN/c	L/EN (cm)	Poids/c (kg)	Poids/ha (kg)	Estimation des pertes (t/ha)
Cannes adultes saines	3750	291	30,6	9,5	1,9	7125	
Cannes jeunes saines usinables (marottes)	11250	105	9,4	11,2	0,7	7875	
Cannes jeunes saines non usinables (marottes)	6250	29,0	4,6	6,3	—	—	
Cannes jeunes forées usinables (marottes)	6250	99	8,8	11,3	0,65	4060	0,3
Cannes adultes forées	58750	296	33,3	8,9	2,0	117500	ind.
"Chicots" non usinables forés	6250	—	4,4	—	—	—	
"Chicots" non usinables non forés	20000	—	4,3	—	—	—	
Talles mortes	65000	—	—	—	—	—	
Talles vivantes	7500	—	—	—	—	—	
Tallage Total	**185000**						

(1) interligne : 1m60
L/c : longueur moyenne de la canne ou du chicot (en cm)
EN/c : nombre moyen d'entre-nœuds par canne ou chicot
L/EN : longueur moyenne de l'entre-nœud (en cm)
Poids/c : poids moyen de la canne ou du chicot (en kg)
% CA : pourcentage des cannes attaquées
% ENA : pourcentage des entre-nœuds attaqués
1/3 S : tiers supérieur de la canne
1/3 M : tiers moyen de la canne
1/3 I : tiers inférieur de la canne
ind. : indéterminable

RENDEMENT/ha = **125 t/ha + 12 t/ha** de marottes
% CA = 81 %
% ENA = 14,1 %
Attaques : 1/3S = 37 % - 1/3M = 42 % - 1/3I = 21 %
Chrysalides écloses = 13750/ha
Chenilles (L3-L4) = 5000/ha
Pupes écloses = 3750/ha
Pupes vivantes = 1250/ha (*Lixophaga?*)

TABLEAU 2 - Variété BJ 7058, plantée, 18 mois, Jacquelot

Caractéristiques des diverses catégories de cannes et de "chicots"

Catégories de cannes	Nombre/ha (1)	L/c (cm)	EN/c	L/EN (cm)	Poids/c (kg)	Poids/ha (kg)	Estimation des pertes (t/ha)
Cannes adultes saines	8750	258	29,4	8,8	1,64	14350	
Cannes jeunes saines non usinables (marottes)	2500	22,0	4,5	5,0	—	—	
Cannes adultes forées	55000	248	30,7	8,1	1,41	77750	12,7
Cannes jeunes forées non usinables	2500	49,0	6,0	8,2	—	—	
"Chicots" non usinables forés	11250	70,0	10,0	7,0	—	—	
"Chicots" non usinables non forés	2500	48,0	8,5	5,6	—	—	
Talles mortes	66250	—	—	—	—	—	
Talles vivantes	12500	—	—	—	—	—	
Tallage Total	**161250**						

(1) interligne : 1m60
Chrysalides écloses : 8750/ha
Chenilles vivantes (L5) : 6250/ha
Pupes de tachinaire écloses : 12500/ha

RENDEMENT/ha = **92 t/ha**
% CA = 86 %
% ENA = 14,8 %
Emplacement des attaques :
1/3 supérieur de la canne : 29 % ENA
1/3 moyen : 56 %
1/3 inférieur : 15 %

TABLEAU 3 - Variété B69 566, plantée, 18 mois, Le Vidon
Caractéristiques des diverses catégories de cannes et de "chicots"

Catégories de cannes	Nombre/ha (1)	L/c (cm)	EN/c	L/EN (cm)	Poids/c (kg)	Poids/ha (kg)	Estimation des pertes (t/ha)
Cannes adultes saines	25000	316	27,6	11,4	2,7	67500	
Cannes jeunes usinables forées (marottes)	10000	124	8,6	14,4	1,9	19000	
Cannes adultes forées	6250	328	29,6	11,1	2,9	18125	ind.
"Chicots" usinables forés	3750	218	17,3	12,6	1,37	5140	5,0
"Chicots" usinables malades	13750	277	24,0	11,5	1,75	24060	13,0
"Chicots" non usinables forés	2500	28,5	6,0	4,8	–	–	
"Chicots" non usinables non forés	22500	12,4	3,2	3,9	–	–	
Talles mortes	70000	–	–	–	–	–	
Talles vivantes	2500	–	–	–	–	–	
Tallage Total	**156250**						

Chrysalides écloses : 5000/ha
Chenilles vivantes (L3-L4) = 3750/ha
Pupes écloses : 1250/ha
Pupes vivantes : 1250/ha (*lixophaga* ?)
Très fortes attaques de rats sur environ 18 %
des cannes, suivies par *Metamasius* : environ 30000 larves/ha

RENDEMENT/ha = **115 t/ha + 19 t/ha** de marottes forées
% CA = 34 %
% ENA = 1,8 %
Emplacement des attaques =
1/3 supérieur = 60 % des ENA
1/3 moyen = 30 %
1/3 inférieur = 10 %

IV - DISCUSSION ET CONCLUSION

Il s'avère qu'à Marie-Galante, en canne pluviale (les pluies de l'année 1987-88 sont bonnes sur ce plan), il est possible d'obtenir comme à Jacquelot 125 t/ha de canne à 18 mois avec la variété B 47258 si la culture est soignée et même si le sol est peu épais (tab. 1). La potentialité de la variété BJ 7058 dans les mêmes conditions agronomiques (tab. 2) semble plus faible (92 t/ha). Mais, dans le même biotope (Jacquelot), ces deux variétés sont fortement attaquées par la seule espèce de foreur *Diatraea saccharalis*, malgré la présence d'une tachinaire parasite qui peut être *Lixophaga diatraeae*. Les chenilles éclosantes, sans doute à cause du vent qui souffle presque constamment à Marie-Galante, descendent des feuilles du sommet où a lieu la ponte vers le milieu des tiges. Ces deux variétés, dans les conditions actuelles du biotope de Jacquelot, ne sont pas encore touchées par la maladie. En Guadeloupe, malgré la présence simultanée des deux foreurs *D. saccharalis* et *D. impersonatella*, les taux d'attaques moyens fluctuent autour de la valeur moyenne 4 pour cent ENA en présence de la même tachinaire parasite. Le maintien des ravageurs sur la canne et les graminées adventices, en présence du même parasite, est donc en Guadeloupe bénéfique à la plante cultivée.
Par contre, au VIDON, si les fortes potentialités de la variété B69 566, en bas-fond humide, sont élevées, cette variété abandonne une part non négligeable de ses avantages du fait de fortes attaques de l'échaudure des feuilles qui lui font perdre au minimum 13 tonnes de canne à l'hectare sur cette pépinière.
Sans préjuger de la situation qui s'établira sur les repousses, il s'agit dès maintenant de ne pas diffuser des boutures malades issues de cette pépinière, ou d'en traiter les boutures. Pour établir de nouvelles pépinières, il serait tout indiqué d'utiliser des vitroplants de variétés tolérantes autant à l'échaudure des feuilles qu'aux champignons du sol du genre *Pythium* (HOUNTONDJI, 1987) ; d'autant plus que les symptômes visibles de l'échaudure des feuilles ne suffisent pas pour préjuger d'une forte implantation de cette maladie (LEOVILLE & COLENO, 1975). Malheureusement sa diffusion est déjà très importante en Guadeloupe (MONTILLET, 1986).

REMERCIEMENTS

Nous remercions plus particulièrement MM. LECOMTE, JOSEPHINE et CHIPOTEL et Mme DRAGIN pour l'accueil qu'ils nous ont réservé et pour toute l'aide qu'ils nous ont apportée au cours de notre séjour à Marie-Galante.

REFERENCES

BERAMIS M., 1980 - *Résultats des essais d'inoculation des variétés de canne à sucre avec* Xanthomonas albilineans, *agent du leaf-scald de la canne à sucre.* INRA-CRAAG, Station de Phytopathologie, 5 p., 1 tab.

BERAMIS M., 1982 - *Tableaux des résultats des essais de comportement de la résistance variétale au leaf-scald de la canne à sucre en Guadeloupe (1972-1982).* INRA-CRAAG, Station de Phytopathologie, 4 p.

COCHEREAU P. & JEAN-BART A., 1986 - *Essai d'évaluation de l'impact économique des foreurs de la canne à sucre sur le bassin cannier de Gardel (Guadeloupe).* INRA-ORSTOM, multigr., Station de Zoologie du CRAAG, 16 p.

GALICHET P., 1975 - Equilibres observés entre les populations des tachinaires parasites du genre *Diatraea* en Guadeloupe (Antilles françaises). *Ann. Soc. Ent. Fr. (NS)*, 11 (4), 791-807.

HOUNTONDJI A., 1987 - *Projet d'étude sur les problèmes racinaires de la canne à sucre en Guadeloupe.* INRA-CRAAG, Station de Pathologie Végétale, 6 p.

LEOVILLE F. & COLENO A., 1975 - Détection de Xanthomonas albilineans (Ashby) Dowson, agent de l'échaudure de la canne à sucre dans des boutures contaminées. *Ann. Phytopathol.*, 8 (2), 233-236.

MONTILLET J., 1986 - *Etude de l'échaudure des feuilles (causée par* Xanthomonas albineans *(Ashby), Dowson, du charbon (dont l'agent causal est* Ustilago scitaminea *Sydow), de la rouille (provoqué par* Puccinia melanocephala *Sydow et d'un Thrips (*Fulmekiola serrata *Kobus) de la canne à sucre en Guadeloupe.* Diplôme d'Agronomie tropicale. CNEARC-ESAT Montpellier, 52 p.

QUIOT J.B., 1969 - *La maladie de l'échaudure de la canne à sucre ou leaf scald.* Station de Phytopathologie, CRAAG-INRA Guadeloupe, 14 p.

ROTT Ph., 1984 - *Apport des cultures in vitro à l'étude de l'échaudure des feuilles de canne à sucre (*Saccharum sp.) *causée par* Xanthomonas albineans *(Ashby) Dowson.* Thèse de Doctorat de 3è cycle. Univ. Paris-Sud, 185 p.

RUINARD J., 1971 - Nature and assessment of losses caused by sugarcane borers. *Entomophaga* 16 (2), 175-183.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 20-26, 1989.

UTILISATION D'ECOSYSTEMES NATURELS : APPLICATION A LA DEGRADATION ANAEROBIE DES VINASSES DE CANNE A SUCRE

BAZILE F. & BORIES A.

INRA Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane,
BP 1232 F97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

Des boues provenant d'écosystèmes naturels anaérobies sont utilisées pour la dégradation des vinasses de mélasse de canne à sucre. Des tests de laboratoire permettent de sélectionner les plus performantes. Les résultats des essais en pilote industriel de 10 m3 sont satisfaisants (charge appliquée : 14,2-20,4 kg DCO.m-3.j-1; temps de séjour hydraulique : 3,3-2,5 j; productivité en biogaz : 6,5-8 m3.m-3.j-1. Les taux d'épuration sont de 85 à 97 p. cent pour la DBO et de 60 à 73 p. cent pour la DCO. L'ensemencement d'un digesteur industriel à biomasse fixée de 1700 m3 est réalisé à partir d'une des boues sélectionnées. Les performances tant épuratoires qu'énergétiques de cette installation sont parmi les meilleures connues pour ce type de substrat.

Mots-clefs additionnels : *pollution fermentation méthanique réacteur à film fixé énergie*

SUMMARY

Use of natural microbial populations : anaerobic digestion of sugarcane molasse stillage

Microbial populations obtained from natural anaerobic ecosystems were used for the degradation of sugarcane molasses stillage. In a first experiment, the aptitude of natural habitats to produce methane from that substrate was evaluated. Then methane fermentation was studied, using a 10 m3 pilot reactor. The performance was satisfactory (load rate : 14.2-20.4 kg.COD.m-3.d-1 ; HRT : 3.3-2.5 d ; biogaz productivity 6.5-8.4 m3.m-3.d-1. Fermentation removed 85 to 97 p. cent BOD and 60 to 73 p. cent COD. A 1700 m3 fixed-film digester was inoculated with one of these selected microbial florae. The performances of that industrial plant are among the best results obtained from this type of substrate.

Additional keywords : pollution methane fermentation fixed-film reactor energy recovery

I - INTRODUCTION

La production d'alcool prend de plus en plus d'importance parmi les filières de transformation de la canne à sucre. Cette activité est la source de quantités importantes d'eaux résiduaires - vinasse et fonds de cuve - chargées en matières organiques (Demande Chimique en Oxygène : 60-100 g.l-1) et minérales. La fermentation méthanique est le procédé le plus utilisé pour le traitement de ces effluents à cause du coût énergétique de la dépollution (SZENDREY, 1983 ; BORIES, 1985 ; BORIES *et al.*, 1982, 1986, 1988 ; CARRONDO *et al.*, 1983).

La fermentation méthanique s'est très largement développée grâce aux progrès enregistrés tant dans la connaissance fondamentale du processus - qui a permis de déterminer les conditions de fonctionnement optimum - que dans les technologies qui ont amélioré les performances fermentaires et la compétitivité économique. La mise en oeuvre du procédé nécessiterait, pour les milieux complexes comme les vinasses, des microorganismes adaptés et actifs. Or, l'utilisation de cultures pures de souches microbiennes méthanogènes est difficilement envisageable, compte tenu de la composition et de la variabilité des substrats industriels.

L'ensemencement de ces milieux est donc réalisé le plus souvent à partir de flores issues d'unités industrielles déjà en fonctionnement. Afin de pallier l'absence en Guadeloupe de telles installations, des boues provenant d'habitats naturels anaérobies sont utilisées comme inoculum pour la méthanisation des vinasses de mélasse. Après des tests de laboratoire et en pilote industriel, cette technologie a pu être développée à grande échelle (réacteur de 1700 m3).

Nous décrirons ici le protocole que nous avons défini pour la mise en oeuvre du processus à partir de ces flores microbiennes. Les résultats industriels sont également examinés.

II - MATERIEL ET METHODES

1. Tests de laboratoire

Les tests de populations microbiennes recueillies dans différents sites naturels sont effectués à 37° C dans des réacteurs en verre de un litre, à régulation thermique par double paroi et à agitation magnétique.

La production de gaz est mesurée par un compteur-totalisateur Schlumberger. Des apports réguliers et croissants de vinasse sont réalisés. Le volume de biogaz et l'évolution des paramètres Acides Gras Volatiles (AGV), Demande Chimique en Oxygène (DCO), pH, sont suivis tout au long des essais. La flore méthanogène est observée par microscope à épifluorescence.

2. Pilote industriel

La plate-forme expérimentale comprend un fermenteur de 10 m3 contenant un support en PVC sous forme d'anneaux (Flocor R) dont la surface spécifique est de 230 m2.m-3 et la porosité (pourcentage de vide) de 95 p. cent (SUWARNARAT & WEYRAUCH, 1978). Le réacteur est alimenté en circuit *down flow* (de haut en bas), avec, sur le circuit d'alimentation, une boucle de recirculation de la phase liquide également en *down flow*, pour assurer l'homogénéisation du milieu de fermentation. La fermentation a lieu à 37° C. La plate-forme est également équipée d'un gazomètre souple (10 m3), d'un moteur à biogaz et d'un ensemble de régulations et de mesures : température, débits gazeux et liquides.

3. Substrats

Les vinasses de mélasse de canne à sucre sont collectées en sortie de distillation. Elles ne subissent aucune correction de composition ni de pH, sauf lors de la phase d'ensemencement des réacteurs (pH 7,5). La composition moyenne des vinasses est mentionnée au tableau 1.

4. Méthodes analytiques

La DCO et la demande Biochimique en Oxygène après 5 jours (DBO5) sont déterminées respectivement selon la norme AFNOR et selon la méthode CATROUX-MORFAUX (1971). Les Matières En Suspension (MES) sont mesurées après centrifugation et séchage du culot à 105° C.
Le Carbone Organique Total (COT) est déterminé à l'analyseur DOHRMANN DC 80 (LANDRE, 1983).
Les AGV sont analysés par chromatographie en phase gazeuse à détection par ionisation de flamme (colonne GIRDEL, NPGA + H_3PO_4 sur Chromosorb WAW 100-120 mesh).
La composition du biogaz est déterminée par la mesure du méthane (CH_4), du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'hydrogène sulfuré (H_2S) après chromatographie en phase gazeuse à détection par catharomètre (colonne Girdel, Porapak R, 100-120 mesh).
Le pH est mesuré directement sur les différents milieux.

TABLEAU 1 - Composition des vinasses de mélasse de canne à sucre (g/litre)

	Vinasse stockée	Vinasse sortie colonne
Matières en suspension	2,84	2,15
Matières volatiles solubles	2,31	1,80
DCO totale	51,2	57,6
DCO soluble	47,4	53,4
DBO_5 soluble	21,3	20,5
Azote totale soluble	0,50	0,73
Acide acétique	1,60	1,34
Acide propionique	0,12	0,09
Acide butyrique	0,66	0,29
Acide gras volatils totaux	2,46	1,79
Sulfate	3,50	3,82
Chlorure	2,56	2,84
Calcium	1,64	1,46
Magnésium	0,98	0,87
Potassium	4,53	3,90
Sodium	1,64	0,15

III - RESULTATS

1. Etude des écosystèmes naturels méthanogènes.

Nous avons d'abord évalué l'aptitude des boues des différents habitats naturels à produire du méthane à partir des vinasses de mélasse. Nous avons pu mettre en évidence au cours de cette étude que les milieux récepteurs d'effluents industriels présentaient les activités méthanogènes les plus intéressantes (tab. 2). Trois habitats de ce type ont été détectés et étudiés.

TABLEAU 2 - Aptitudes de différents habitats anaérobies à la production de méthane à partir des vinasses de mélasse.

Habitats anaérobies	Production de méthane
Mangrove	−
Ruisseau	−
Emissaire de distillerie de mélasse	+
Emissaire de distillerie de jus de canne	+ +
Bassin de stockage de vinasse de jus de canne	−
Lagune réceptrice de vinasse de jus de canne	+ +

− : pas de production
+ : production faible et limitée
+ + : forte production

a) Site A (fig. 1) : Une période de 15 jours d'alimentation à faible charge (O,25 g COT.l-1.j-1) permet d'activer les microorganismes. Bien que la production de gaz soit difficilement mesurable, on ne note pas d'accumulation de COT dans le milieu, ce qui suggère sa dégradation. L'augmentation de la charge (O,5O g COT.l-1) stimule la production de gaz. A plus forte charge (2,5 g COT.l-1), la fermentation est très active, sans qu'il y ait accumulation de COT. Cet habitat présente donc un bon comportement fermentaire vis à vis du substrat.

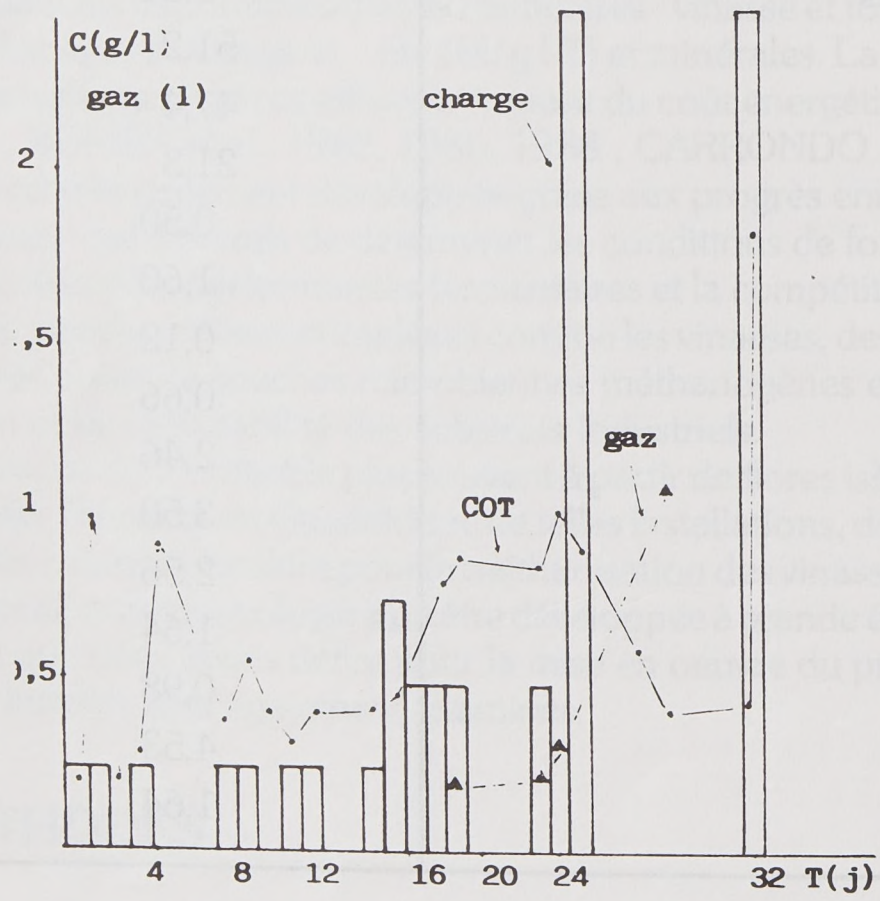


Figure 1 : Site A - Adaptation au substrat (augmentation de charge par paliers) ; évolution du COT dissous ; production de biogaz.

b) Site B (fig. 2) : Dans des conditions semblables de fermentation, la production de gaz est obtenue après 12 jours, consécutivement à une augmentation de la charge volumique appliquée (0,5-0,75 COT.l-1). Cet écosystème présente la même réponse et la même aptitude fermentaire que le précédent.

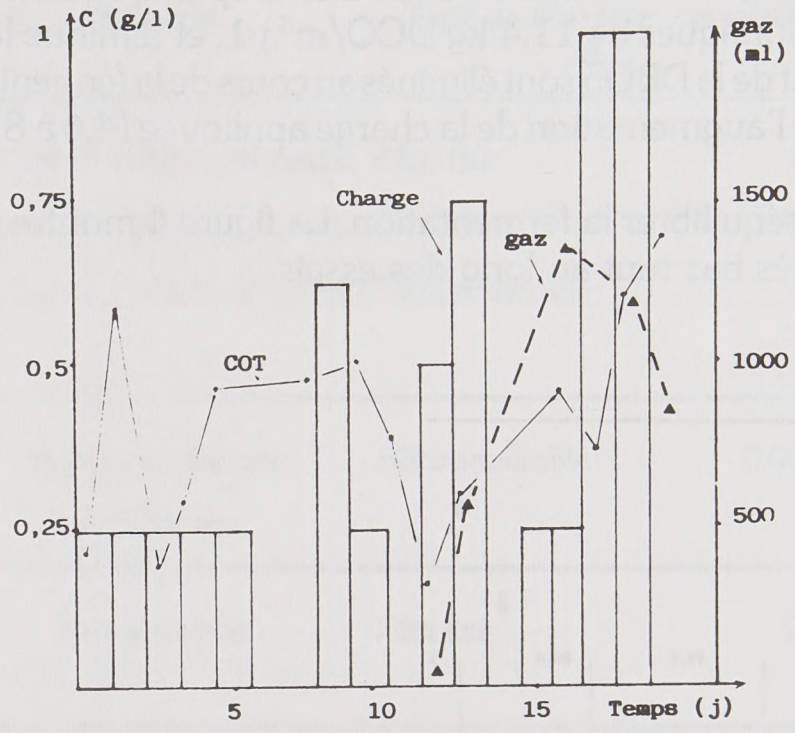


Figure 2 : Site B - Adaptation au substrat (augmentation de charge par paliers) ; évolution de COT dissous ; production de biogaz

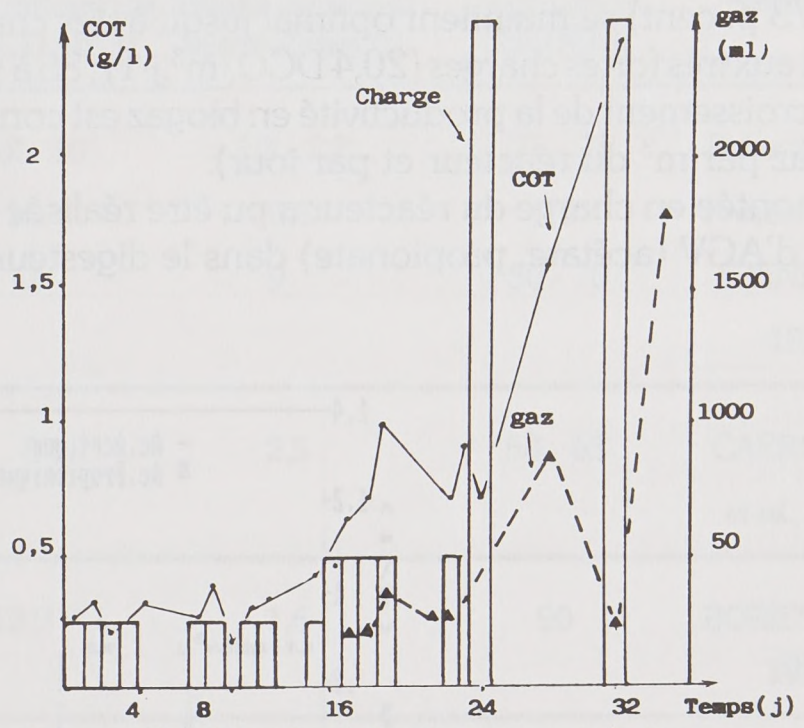


Figure 3 : Site C - Adaptation au substrat (augmentation de charge par paliers) ; évolution du COT dissous ; production de biogaz

c) Site C (fig. 3) : La production de gaz est plus tardive et moins intense. L'accumulation de COT est notée dès l'apport de charges de 0,5 g COT.l-1. Une forte charge entraîne l'arrêt momentané de la fermentation et une accumulation massive de COT (blocage).

Ce profil fermentaire est caractéristique d'une déviation de type acidogène, due à une activité méthanogène trop faible.

Les habitats A et B constituent des sources potentielles d'inoculum pour l'ensemencement de digesteurs. Leurs populations microbiennes ont en effet démontré une très grande adaptabilité à la vinasse de mélasse.

TABLEAU 3 - Performances de la fermentation méthanique des vinasses de mélasse de canne à sucre en réacteur à film fixé (10 m^3)

CHARGES APPLIQUEES (kg.DCO/m^3.j) PARAMETRES DE LA FERMENTATION	9,2	11,4	14,2	17,1	19,4	20,4
Temps de séjour hydraulique (j)	4,9	4	3,4	3,2	2,8	2,7
Productivité en biogaz (m^3/m^3.j)	4,6	6,6	6,3	6,6	7,3	8
Production de biogaz (m^3/m^3 vinasse)	22,3	22,6	21,3	21,3	20,7	21,4
Taux de gazéification (1.CH_4/kg.DCO appliquée)	288	237	224	212	206	216
DCO du substrat (g.O_2/l)	47,7	46,3	48	55,7	55,4	54,6
DCO résiduelle (g.O_2/l)	13,3	13,1	13,7	20,9	21,9	20,8
Taux d'élimination de la DCO (%)	72,1	71,6	71,3	62,4	60,4	61,9
DBO_5 du substrat (g.O_2/l)	21,2	24,2	—	—	—	20,5
Taux d'élimination de la DBO_5(%)	97,1	92,9	—	—	—	84,8

2. Essais en fermenteur pilote à biomasse fixée.

L'ensemencement du réacteur est effectué par l'apport de 4 m^3 de boues sélectionnées, provenant du site B (plus facile d'accès), de 1 m^3 de vinasse neutralisée (pH 7,5) et d'un complément d'eau. Sur une période ininterrompue de 220 jours, la charge volumique appliquée a été augmentée jusqu'à 20 kg DCO.m-3.j-1, et le temps de séjour hydraulique diminé de 20 à 2,5 jours. Les réponses du réacteur figurent au tableau 3. Le taux d'épuration de la DCO (71-73 p. cent) se maintient optimal jusqu'à des charges volumiques de 11,4 kg DCO/m^3.j-1, et diminue légèrement aux très fortes charges (20,4 DCO/m^3.j-1) ; 85 à 97 p. cent de la DBO5 sont éliminés au cours de la fermentation.
L'accroissement de la productivité en biogaz est corrélé avec l'augmentation de la charge appliquée (4,6 à 8 m^3 de biogaz par m^3 du réacteur et par jour).
La montée en charge du réacteur a pu être réalisée sans déséquilibrer la fermentation. La figure 4 montre que le taux d'AGV (acétate, propionate) dans le digesteur reste très bas tout au long des essais.

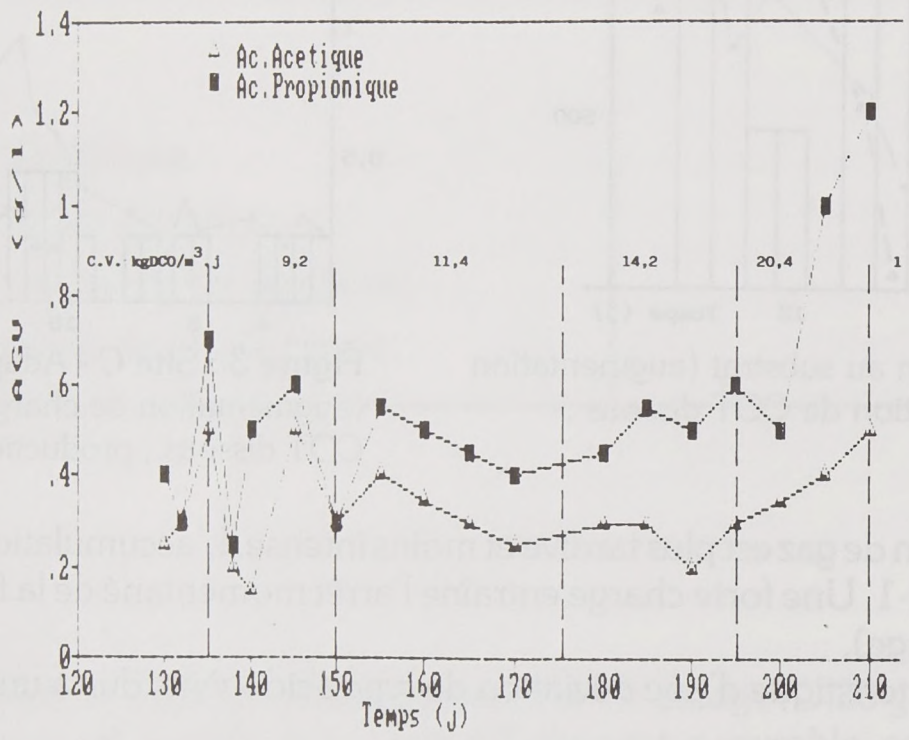


Figure 4 - Acides gras volatiles dans le digesteur

3. Performances en réacteur industriel

La sélection des habitats méthanogènes étant réalisée, un digesteur industriel à biomasse fixée de 1700 m^3 est ensemencé à partir de ces souches. La première campagne de fonctionnement a été consacrée à la montée en régime ; les autres ont été menées à charge nominale. Les résultats sont en accord avec les prévisions :

- Temps de séjour hydraulique 3,5 j
- Charge appliquée 16 kg DCO/m^3.j
- Taux de dépollution 70 p. cent de la DCO soluble

La production de biogaz, directement recyclée en distillerie, représente 4,4 TEP (tonnes d'équivalent pétrole). Le bilan énergétique de la troisième année, la meilleure actuellement, montre que la production de biogaz couvre 60 p. cent des besoins de la distillerie (fig. 5).

IV - DISCUSSION ET CONCLUSION

Ces bonnes performances du réacteur à film fixé supposent une colonisation rapide du support et une forte rétention des microorganismes.
Le tableau 4 réunit les principaux résultats indiqués dans la littérature, et les performances pour les eaux résiduaires de distillerie.
Nos résultats se placent parmi les meilleurs, tant en vitesse qu'en charge et en rendement d'épuration.
Compte tenu de la concentration de la charge polluante des vinasses de mélasse, la fraction résiduelle de la DCO de l'effluent méthanisé est importante (20 g.l-1). Un traitement complémentaire (traitement tertiaire) s'avère donc nécessaire avant rejet dans le milieu naturel.

TABLEAU 4 - Comparaison des données bibliographiques sur la fermentation méthanique des eaux résiduaires de distilleries

Substrat	Type de réacteur, capacité (m^3)		Charge volumique (kg DCO/m^3.j)	Temps de séjour hydraulique (j)	Epuration (% DCO)	Références
Vinasse de mélasse de canne	Film fixé	10	14,2 - 20	3,3 - 2,7	71 - 73	Présente étude
Vinasse de mélasse de canne	Film fixé	1700	16	3,5	70	Présente étude
Vinasse de mélasse de canne	Filtre anaérobie	8	7	9	50 - 70	SZENDREY, 1983
Vinasse de mélasse de betterave	Filtre anaérobie	0,065	8	2,5	58 - 63	CARRONDO *et al.*, 1983
Vinasse de vin	Film fixé	20	13,9	1,6	90	BORIES *et al.*, 1982

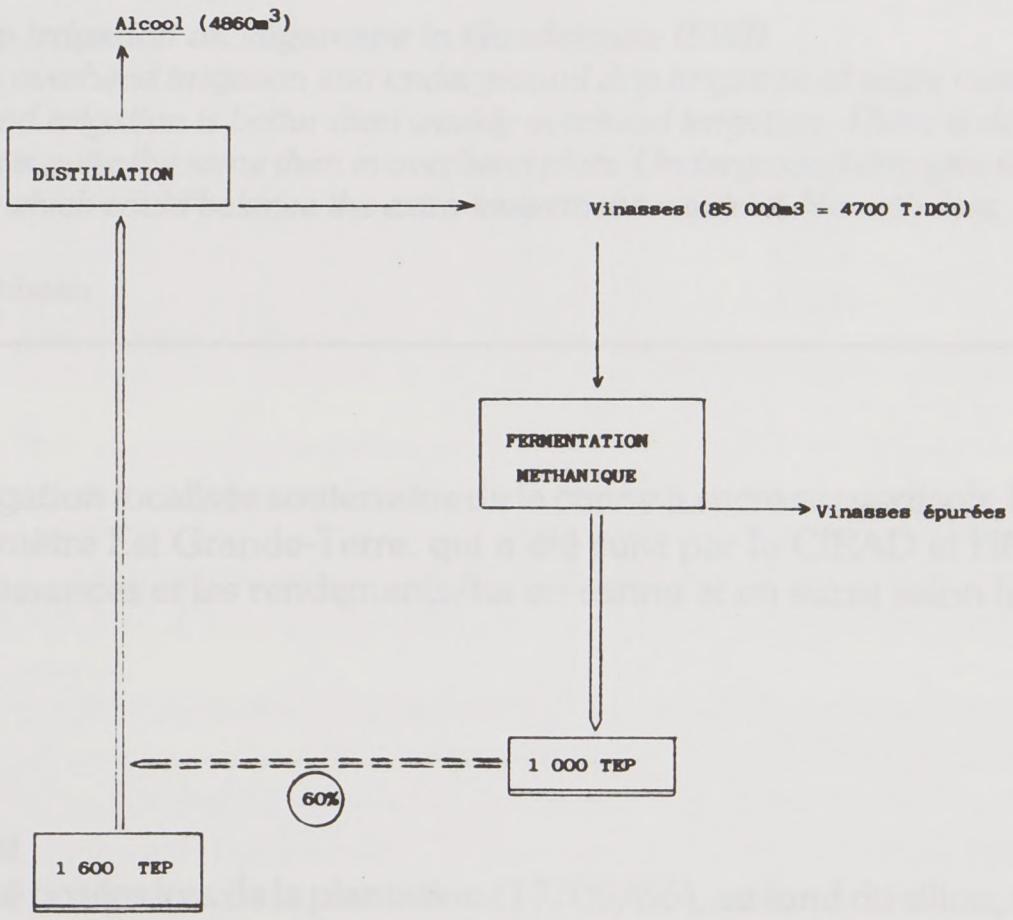


Figure 5 - Bilan énergétique de la fermentation méthanique des vinasses de mélasse de canne à sucre en réacteur industriel.

Les sites naturels anaérobies récepteurs d'effluents industriels constituent des milieux méthanogènes très actifs. Les essais tant en laboratoire qu'en pilote industriel montrent que le recours à ces flores peut être une solution judicieuse au problème de l'ensemencement d'installations de grande taille, en l'absence de digesteur pouvant servir de source d'inoculum.

Par ses performances de tout premier plan, le réacteur industriel de méthanisation des vinasses de mélasse installé à la Société Industrielle de Sucrerie (Sainte-Rose, Guadeloupe), peut être considéré comme une « vitrine » de la technologie française dans la Caraïbe.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements à M. Michel CLAVERIE, Directeur Technique de la Société Industrielle de Sucrerie de Guadeloupe pour son concours à la réalisation de cette étude.

REFERENCES

BORIES A., 1985 - Mise au point sur la dépollution et la valorisation énergétique des déchets et sous-produits de distilleries par fermentation méthanique. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 2.

BORIES A., RAYNAL J. & BAZILE F., 1986 - *Etude des performances de la fermentation méthanique des eaux résiduaires de mélasse de canne à sucre (vinasses) et mise en oeuvre de systèmes microbiens à grande échelle.* Sém. Min. Environ.-ONU, Guadeloupe, 25 p.

BORIES A., RAYNAL J. & BAZILE F., 1988 - Anaerobic digestion of High-Strength Distillery Wastewater (Cane Molasse stillage) in a fixed-film reactor. *Biological Wastes*, 23, 251-267.

BORIES A., RAYNAL J. & JOVER J.P., 1982 - Fixed-film reactor with plastic media for the treatment of distilleries wastewater. *In : Energy from biomass* (STRUB A, CHARTIER P. & SCHLESER G., Eds.). Ann. Sci. Publ., London, 567-571.

CARRONDO M.J.T. *et al.*, 1983 - Anaerobic filter treatment of molasses fermentation wastewater. *Water Sci. Technol.*, 15, 117-128.

CATROUX G. & MORFAUX J.N., 1971 - Une nouvelle technique de détermination de la Demande Biochimique en Oxygène des eaux résiduaires. *Ind. Alim. Agric.*, 12.

LANDRE J., 1983 - Détermination du Carbone Organique Total dans les eaux potables par oxydation U.V. *Eau, Industries, Nuisances*, 71, 25-28.

SUWARNARAT K. & WEYRAUCH W., 1978 - *Waste treatment and methane production by a plastic media anaerobic filter.* Conf. Water Pollution Control in Developing Countries, Bangkok, Feb. 21-25, 325-336.

SZENDREY L.M., 1983 - *Start-up and operation of the Bacardi Corporation anaerobic filter.* Proc. 3th. int. Conf. Anaerobic Digestion, Boston, Aug., 21 p.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 27-33, 1989.

PREMIER ESSAI D'IRRIGATION SOUTERRAINE EN GOUTTE A GOUTTE SUR CANNE A SUCRE A LA GUADELOUPE

COMBRES J.C., BUSSIERE F. & BASTERGUE P.

CIRAD-IRFA, Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane,
BP 1232, F97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

Une première expérimentation comparant l'aspersion et l'irrigation goutte à goutte souterraine a été suivie pendant deux années sur canne vierge et première repousse. L'apport d'eau quotidien conduit à une meilleure efficience que l'aspersion. Les apports de Janvier à Mars sont les plus intéressants. Il existe un effet dépressif des vertisols à argiles gonflantes profondes en irrigation goutte à goutte mais il est compensé par la supériorité des apports quotidiens. La richesse en sucre est supérieure en goutte à goutte et les gains de rendements (+ 6,6 tonnes de sucre/ha) pourraient compenser le sur-investissement. Toutefois la maintenance du système s'est avérée délicate.

Mots clés additionnels : *Antilles*

SUMMARY

First trial of underground drip irrigation on sugarcane in Guadeloupe (FWI)

A first comparison of sprinklers overhead irrigation and underground drip irrigation of sugar cane is outlined in Guadeloupe (West Indies). Daily underground irrigation is better than weekly overhead irrigation. There is depressive effect of deep clay with drip but in this case harvest is quite the same than in overhead plots. Underground drip give 6,6 tons sugar/ha more than plots without irrigation, a result which could balance the extra-investment required. Nevertheless, the maintenance of the system proved delicate.

Additionnal key words : Caribbean

I - INTRODUCTION

Afin de tester l'intérêt de l'irrigation localisée souterraine de la canne à sucre sur vertisols, la société KULKER a mis en place un essai sur le périmètre Est Grande-Terre, qui a été suivi par le CIRAD et l'INRA pendant deux campagnes, pour estimer les croissances et les rendements/ha en canne et en sucre selon les modalités d'apport de l'eau.

II - METHODE

2.1. Mise en place de l'essai

Les lignes de goutteurs ont été posées lors de la plantation (17/06/86), au fond du sillon, sur les boutures. 3 ha ont été équipés. La variété utilisée, B 47258, est très répandue chez les petits planteurs. . Après plantation, l'exploitation a pratiqué deux irrigations avec un canon enrouleur et a ensuite mis en route l'irrigation goutte à goutte. Environ 75 mm d'eau ont ainsi été apportés dans la semaine qui a suivi la plantation pour favoriser la germination. La parcelle témoin en aspersion initialement prévue n'a pas pu être installée. De ce fait, sur 1/4 de la parcelle (0.75 ha) le goutte à goutte a été débranché et remplacé par une couverture intégrale de sprinklers en quinconce espacés de 18 x 18 m. Un témoin pluvial a été créé en sectionnant une partie des lignes (fig. 1), malheureusement, situé en aval d'une parcelle irriguée il a reçu, en première repousse, de l'eau de ruissellement de la parcelle amont et ne peut être pris en compte.

2.2. Suivi CIRAD-INRA

2.2.1. Protocoles d'irrigation

Traitements en canne plantée :

I : aspersion hebdomadaire
II : témoin goutte à goutte apport journalier
III : témoin pluvial
IV : goutte à goutte rationné apport hebdomadaire
V : goutte à goutte rationné apport journalier

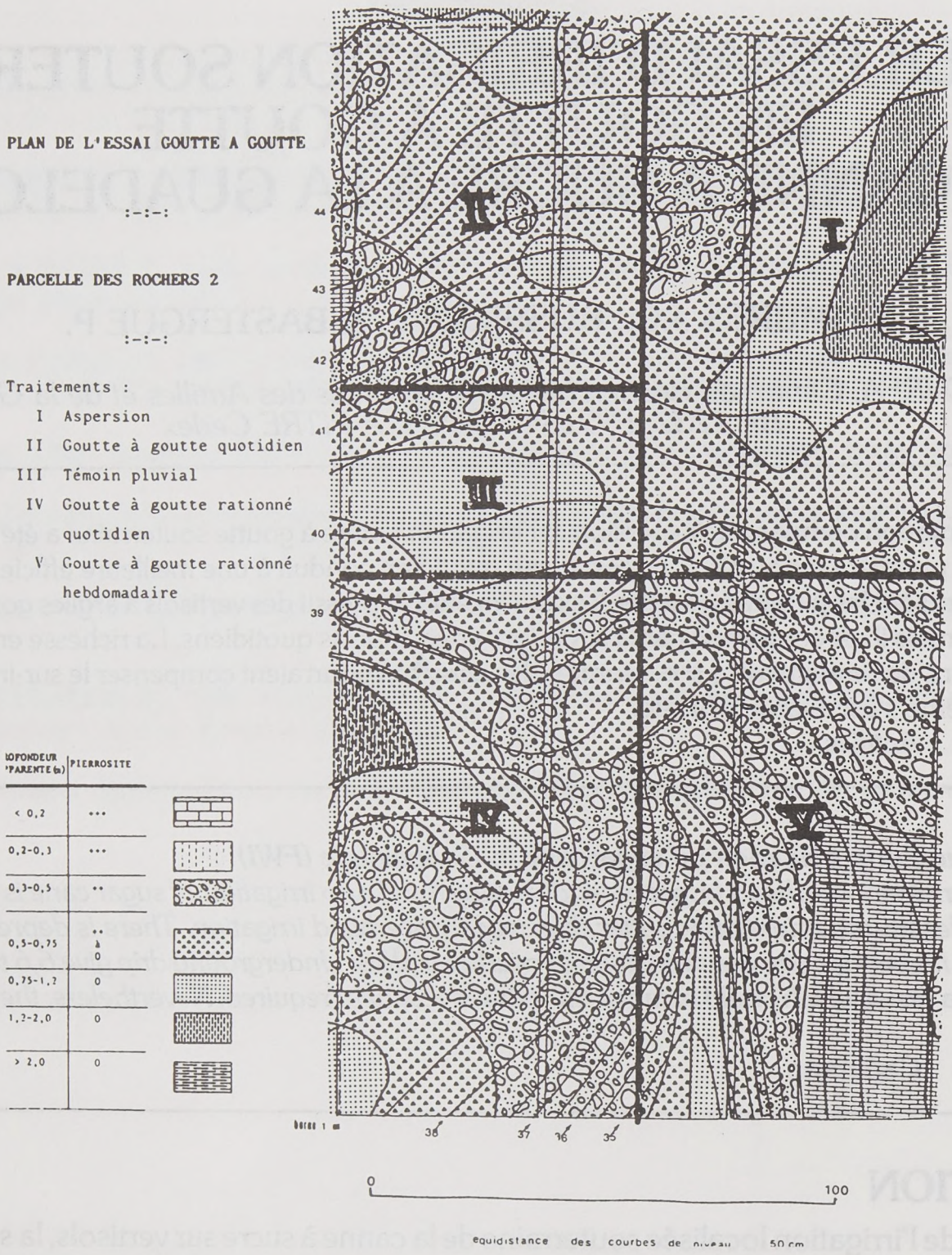


Figure 1 - Plan de l'essai

Les doses d'eau (D) apportées sont déduites de l'évapotranspiration potentielle (ETP) avec les coefficients d'apport A (tab. 1), tels que $\mathbf{D = A^{*}ETP}$.
L'ETP (en mm/jour) est calculée à partir du Rayonnement solaire global (Rg : en Méga Joules/m2 et/jour) grâce à la formule de MOUNIER & BASTERGUE (1986) : $\mathbf{ETP = 0{,}23\,Rg + 0{,}1}$. Les doses réelles d sont déduites du bilan hydrique.
Les coefficients A pour chaque traitement sont indiqués au tableau 1.

TABLEAU 1 - Coefficients A pour chaque traitement

Age (mois)	1	2	3	4	5	≧ 6
Traitement I	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,1
Traitement II	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,1
Traitement III	0	0	0	0	0	0
Traitement IV	0,2	0	0,5	0,8	1	1
Traitement V	0,2	0,3	0,5	0,8	1	1

L'objectif du traitement IV était d'assurer la levée, puis d'interrompre les apports pour tenter de favoriser un enracinement profond, puis d'apporter hebdomadairement de l'eau pour éviter des déficits importants. Ce type de protocole est inadapté à l'irrigation goutte à goutte. Les vertisols ne peuvent pas absorber des doses massives hebdomadaires. L'apport a été interrompue au début du ruissellement. Ce fait, associé à une plus grande efficacité des pluies a conduit à réduire notablement les apports.
Dans le traitement V, irrigué quotidiennement, les apports ont été réduits de 0,1 ETP sauf en phase de croissance active (4^{e} et 5^{e} mois). On craignait, sur argiles gonflantes asphyxiques à saturation, un effet négatif du goutte à goutte qui aurait pu être compensé par un léger rationnement.
En première repousse, à la vue des Rendements/ha de la première récolte, les traitements IV et V ont été abandonnés et conduits comme le traitement II.

2.2.2. Calcul du bilan hydrique

En goutte à goutte, il est très difficile de juger de l'efficacité des pluies car elles surviennent sur un bulbe déjà saturé. Théoriquement elles sont inefficaces mais les réhumectations entre les bulbes ne sont pas sans incidence. Nous avons retenu, un peu arbitrairement il est vrai, le protocole suivant issu des observations de Y.M. CABIDOCHE (communication personnelle) :

- si **Pj < ETPj**, la pluie journalière Pj est inefficace, et la pluie efficace **Pej = 0**
- si **ETPj < Pj < 40 mm**, la pluie efficace est limitée à 20 mm, **Pej = 20 mm**
- si **Pj > 40 mm, Pej = Pj/2**

Les pluies efficaces comblent le déficit éventuel et le résidu est évaporé à l'ETP. On fait le bilan d'une « Pluie efficace résiduelle » (Per) :
Per j = Per (j-1) + Pej − ETPj

Tant que Per est positif, le Déficit hydrique est nul, et l'irrigation est arrêtée. Lorsque Per = 0 on reprend le calcul du déficit hydrique (DH) :
DHj = DHj-1 − Pej + ETj (D)
et l'on reprend l'irrigation sur cette base : **I = DHj**.
Pendant le week-end, faute d'automatisation, l'irrigation est interrompue et rattrapée sur les deux journées suivantes.

2.2.3. Observations

La profondeur du sol présente une variabilité spatiale considérable qui influe sensiblement sur les rendements (CABIDOCHE & NEY, 1986). La cartographie des profondeurs a été effectuée sur la parcelle à l'aide de mesures de résistivité électrique (CABIDOCHE, 1986) et des placettes ont été sélectionnées sur des situations tranchées pour suivre les croissances de canne.
Parallèlement des segments de 5 m ont été tirés au hasard en nombre tel qu'ils représentent 1 p. cent de la superficie de chaque traitement. Ils sont utilisés pour suivre l'évolution du tallage (nombre de tiges comportant une canne dégainées) et pour estimer les rendements et la richesse à la récolte.
Les analyses qualitatives à la récolte sont effectuées par le laboratoire du Centre Technique Interprofessionnel de la Canne et du Sucre (CTICS) selon les modalités adoptées par la Commission Interprofessionnelle de la Canne et du Sucre (CICS). La richesse représente le Tonnage de sucre extractible de 100 Tonnes de cannes, par une usine ayant un rendement KU = 0,815.

III - RESULTATS

3.1. Récolte 1987 (22/05). Canne plantée

Les caractéristiques des parcelles échantillonnées sont résumées dans le tableau 2.

Les croissances en hauteur et le bilan hydrique ne sont pas différenciés jusqu'au 200e jour (début janvier). On peut donc considérer que les apports en début de cycle ont été inefficaces et auraient pu être évités. Ceci explique la faible efficience observée, et *confirme le peu d'intérêt de l'irrigation en canne plantée de fin de campagne, lorsque la levée est assurée, au cours des 6 à 7 premiers mois* sauf s'il y a une sécheresse intense et exceptionnelle. Or c'est pratiquement la seule irrigation qui soit effectuée à l'heure actuelle !
Par contre, les différences observées (tab. 3) sont liées aux apports réalisés entre le 15/12 et le 17/3/87 (récolte le 20/5).

TABLEAU 2 - Caractéristiques des parcelles échantillonnées

	Rendt t/ha	Ecart au Témoin (E) t/ha	Apports d'eau Plantation mm	(A) Essai mm	Efficience E/A kg/mm
Témoin pluvial	59		75	0	
Aspersion	65,4	6,4	75	217	29,5
G.A.G II	81,9	22,9	75	366	68,2
G.A.G IV	64,7	5,7	75	229	24,9
G.A.G V	71,7	12,7	75	269	47,2

TABLEAU 3 - Efficience des apports d'eau

	Ecart au Témoin	Irrigation du 19/12 au 17/3	Efficience de l'eau
Aspersion I	6,4 T/ha	208 mm	30,8 kg/mm
G.A.G II	22,9 T/ha	236 mm	97,0 kg/mm
G.A.G IV	5,7 T/ha	145 mm	39,3 kg/mm
G.A.G V	12,7 T/ha	215 mm	59,1 kg/mm

On obtient donc une efficience en goutte à goutte non rationné voisine de 1 t/cm d'eau apportée. On notera également qu'à dose voisine apportée le goutte à goutte quotidien rationné est deux fois plus efficient que l'aspersion (comparaison I et V) et qu'avec seulement 15 p. cent d'eau en plus, le goutte à goutte non rationnée triple l'efficience par rapport à l'aspersion.
Pour des apports hebdomadaires, l'aspersion et le goutte à goutte rationné (IV) ont une efficience voisine mais le goutte à goutte économise l'eau.
Il est intéressant de noter que les parcelles de l'exploitation plantées en même temps avec la même variété sur le même type de sol et récoltées à la même date, irriguées au canon en début de cycle, ont un rendement de 50 T/ha, inférieur à notre témoin pluvial.

3.2. Récolte 88 (11/5). Première repousse

Les trois traitements goutte à goutte n'étant pas différenciés, on aboutit aux moyennes indiquées au tableau 4.

TABLEAU 4 - Résultats de la première repousse

	Tallage nombre de tiges/ha	Rendement Tonnes de canne/ha
Aspersion	64 080	94 T
Goutte à goutte	77 400	113,6 T

Les cannes usinables mesurent 2,9 m, et ont un poids moyen de 0,5 kg/m. La différence de tallage correspond à 13.320 x 2,9 x 0,5 = 19,3 t/ha, ce qui explique la différence de rendement entre les deux traitements.
Si l'on classe les rendements des segments par profondeur de sol on obtient les résultats consignés au tableau 5.

TABLEAU 5 - Résultats de la première repousse en fonction de la profondeur du sol

Traitement	Sol	Nombre	Tallage tiges/ha	Rendement t/ha
Aspersion	peu profond	1	66 600	89,4
	moyen	5	67 200	99,0
	profond	4	59 700	89,4
Goutte à goutte	peu profond	12	77 900	119,0
	moyen	7	73 900	106,7
	profond	1	74 400	94,6

On constate un effet nettement dépressif, ou moins favorable, de la profondeur du sol en goutte à goutte qui n'est pas lié au tallage. Tous traitements irrigués confondus, l'effet sol est le suivant :
- sol peu profond 116,7 t/ha (code 3 tableau 6)
- sol moyen 103,5 t/ha (code 4 tableau 6)
- sol profond 90,4 t/ha (code 5 tableau 6)

Le tableau 6 résume les résultats de la campagne 1988 obtenus sur la parcelle Desrochers Kiot.

VI - DISCUSSION

Sur le plan technique, la maintenance de l'installation s'est avérée très contraignante. A la récolte, les conduites insuffisamment enterrées ont été endommagées. Par la suite, les goutteurs en ligne se sont déboîtés. Ceci peut être dû à une mauvaise installation, la touffe de canne, en poussant, tire sur la ligne et la casse. Mais il se peut également que ce soit dû aux phénomènes de gonflement et retrait des vertisols. Dans ce cas la technique serait condammée, car les deux mois de stress hydrique nécessaires à la maturation suffiraient à endommager l'installation. Des études dans ce sens doivent être conduites pour mesurer le poids du gonflement/retrait et déterminer la technique d'apport localisé la mieux adaptée.
Sur le plan agronomique, l'apport d'eau localisé et continu jusqu'à 2 mois avant la récolte est très favorable à la croissance et aux rendements.
Il existe bien un effet dépressif des sols profonds, beaucoup plus sensible avec le goutte à goutte qu'avec l'aspersion, mais les parcelles goutte à goutte ainsi défavorisées ont le même rendement/ha que la moyenne des parcelles aspersion.
Le goutte à goutte est très favorable sur sols courts et caillouteux. Il semble que les apports quotidiens expliquent cette supériorité du goutte à goutte. Notons toutefois qu'on ne disposait pas de système d'aspersion performant, adapté à la hauteur de la canne en fin de cycle, qui permette d'irriguer aisément à fréquence élevée. Peut-être aurait-on alors réduit l'écart.
Les parcelles témoins de l'exploitation, situées à proximité et ayant les mêmes caractéristiques (sol, variété, date de récolte), et conduites sans irrigation ont eu un rendement moyen de 72,8 t/ha en première repousse. Ainsi, malgré une climatologie favorable et un déficit hydrique modéré, l'irrigation goutte à goutte a accru les rendements de 21,8 t en sols profonds, 33,9 t en sols moyens et 46,2 t en sols peu profonds. Pour sa part,l'aspersion a apporté 21,4 t de mieux.
De même, l'écart très significatif de richesse en faveur du goutte à goutte conduit à des écarts de rendement en sucre/ha importants. On obtient respectivement 6,47 t de sucre (TS)/ha en pluvial, 10,25 TS/ha en aspersion 13,11 TS/ha en goutte à goutte (moyenne). De tels écarts, s'ils se confirment, assureront une bonne rentabilité à la technique. L'écart goutte à goutte pluvial équivaut à 73,8 t de cannes, à 9 p. cent de richesse (base du paiement). La tonne de canne sur pied avant récolte semi-mécanisée étant payée 170 F (COMBRES, 1989) cet écart représente environ 12 500 F/ha.
L'écart entre goutte à goutte et aspersion représente une plus-value de 5 400 F/ha, qui pourrait amortir le surinvestissement lié au goutte à goutte. Toutefois, une incertitude persiste quant à la comparaison des deux techniques, car l'écart de rendement est dû à la différence de tallage et à la mortalité entre 4 et 6 mois. Est-ce uniquement lié à la technique d'apport d'eau ?

TABLEAU 6 - Récolte des segments sur la parcelle Desrochers Kiot en 1988

N° segm.	Trait	Sol	Nbre Tiges le 1/02/88	Tiges/ha	T/ha	Pureté	Richesse
	Aspersion						
19	1	4	59	70 800	101	81,68	8,45
20	1	4	57	68 400	101	91,13	13,67
21	1	3	55	66 000	89	86,54	10,46
24	1	4	57	68 400	112	87,29	10,8
26	1	4	54	64 800	81	88,29	10,92
27	1	5	44	52 800	83	87,59	11,62
28	1	5	55	66 000	109	88,75	11,54
30	1	5	57	68 400	99	84,63	9,08
31	1	5	43	51 600	66	88,93	10,94
33	1	4	53	63 600	100	89,73	11,6
		Moyenne		**64 080**	**94**	**87,46**	**10,91**
		Ecart type			**13**	**2,56**	**1,36**
	Goutte à goutte						
5	2	3	68	81 600	117	86,39	9,93
6	2	4	64	76 800	121	89,1	11,72
9	2	4	63	75 600	124	86,76	10,75
10	2	4	60	72 000	93	88,94	11,44
15	2	4	56	67 200	98	91,27	12,54
		Moyenne		**74 640**	**111**	**88,49**	**11,28**
		Ecart type			**13**	**1,77**	**0,88**
	Goutte à goutte						
2	4	4	58	69 600	113	91,79	11,34
3	4	3	68	81 600	129	87,61	11,15
4	4	5	62	74 400	95	87,15	10,53
8	4	3	77	92 400	123	86,94	10,86
13	4	3	63	75 600	138	87,19	10,48
14	4	3	68	81 600	129	90,78	12,41
		Moyenne		**79 200**	**121**	**88,58**	**11,13**
		Ecart type			**14**	**1,95**	**0,65**
	Goutte à goutte						
16	5	3	64	76 800	105	90,00	12,89
17	5	4	64	76 800	88	86,93	10,41
18	5	3	74	88 800	132	85,75	9,77
22	5	3	75	90 000	130	88,35	10,86
23	5	4	66	79 200	109	89,1	11,75
25	5	3	60	72 000	85	91,93	13,26
29	5	3	62	74 400	125	90,18	12,82
32	5	3	55	66 000	100	90,09	13,02
34	5	3	63	75 600	116	90,75	12,95
		Moyenne		**77 730**	**110**	**89,23**	**11,96**
		Ecart type			**16**	**1,83**	**1,25**

V - CONCLUSION

Les premiers essais de goutte à goutte enterré sur vertisols à la Guadeloupe sont très décevants sur le plan technique, mais la technique est toujours perfectible avec l'expérience. Par contre, ils sont très encourageants sur le plan agronomique. Ils sont toutefois insuffisants pour être généralisés. Il conviendrait de suivre ce type d'essai sur plusieurs campagnes. La longévité du matériel et la stabilité des rendements au cours des repousses successives sont en effet des facteurs essentiels de rentabilisation.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier KULKER S.A, SOPSA et GARDEL S.A. qui ont apporté leur concours à la réalisation de cet essai.

REFERENCES

CABIDOCHE Y.M., 1986 - Distribution des sols à argiles gonflantes sur calcaires récifaux (zone caraïbe). Utilisation des mesures de résistivité électrique. 1er séminaire scient. de pédol. pour la Région de l'Am. centrale et des Caraïbes : sol et eau. La Havane 8.20/04/85, Ed. ORSTOM p. 187-219.

CABIDOCHE Y.M. et NEY B., 1986 - Quelques problèmes de gestion de l'eau lorsque les sols varient fortement au sein d'une même parcelle. Le cas des plateaux de l'est de la Grande-Terre. *Bull Agron. Ant. Guy.*, 4, 53-61.

COMBRES JC, 1989 - Evaluation des coûts de production en culture de Canne à Sucre irriguée à la Guadeloupe. *Bull. Agron. Ant. Guy.* (dans ce même numéro).

COMBRES JC. 1989 - *Besoins en eau et Pilotage de l'irrigation de la Canne à Sucre en Grande-Terre. Convention Régionale. Rapport d'exécution.* IRFA-CIRAD Guadeloupe.

GODOY G., PALACIOS A. et BARRANTE A., 1985 - First results in sugar cane production under drip irrigation in Venezuela. *In : Drip Trickle irrigation in action.* Vol. I. St Joseph, Michigan, USA ASAE, 133-138.

MOUNIER E. & BASTERGUE P., 1986 - *Mesure et estimation de l'évapotranspiration potentielle à la Guadeloupe. Application à l'étude fréquentielle des besoins en eau de quelques cultures.* Mémoire de fin d'étude ISARA.

PELLERIN S., 1986 - L'eau, facteur limitant des rendements en canne à sucre : cas des domaines de GARDEL (Guadeloupe). *Bull. Agron. Ant. Guy.*, 4, 37-45.

SOOPRAMANIEN G.C., BATCHELOR C.M., NAYAMUTH R.M. & ELLINGS S.R., 1985 - Drip line type, placement and water regime effects on sugar cane growth and yield. *In : Drip Trickle irrigation in action.* Vol. II St Joseph, Michigan, USA. ASAE, 903-908.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 34-38, 1989.

IRRIGATION DE L'EST DE LA GRANDE TERRE ET VALORISATION DE L'EAU PAR LES SYSTEMES DE PRODUCTION EN PLACE

FABRI C., GARGANTA E., PETIT J.-M., PINDARD A. & SIZAM-BASTAREAUD S.

Etudiants de la deuxième promotion du D.A.C.,
Université Antilles-Guyane

RESUME

Depuis 1984 a été mis en oeuvre le projet d'irrigation de l'est de la Grande-Terre. Les principaux résultats d'une étude relative à l'utilisation de l'eau agricole sont présentés. Ils mettent en évidence une sous-utilisation de l'eau en volume et une sous-utilisation des bornes d'irrigation. La valorisation de l'eau par les différents systèmes de production en place est étudiée. Les raisons de la réorganisation de ces systèmes depuis la mise en place de l'irrigation au sud-est de la Grande-Terre sont exposées.
Mots-clefs additionnels : *Tropiques Antilles Guadeloupe Canne à sucre Maraîchage Elevage*

SUMMARY

Irrigation in eastern Grande-Terre (Guadeloupe, FWI). Water valorization in the existing farming systems

An irrigation project in the eastern part of Grande-Terre has been developed since 1984. The main results of a study concerning the use of agricultural water in this area are presented; they show that the water volume and the irrigation hydrants are insufficiently used. The valorization of agricultural water in the different existing farming systems is studied, as well as the reasons for the reorganization of these systems since the setting up of irrigation.
Additional keywords *:* Tropical zone Caribbean Guadeloupe Sugar cane Vegetable crops Cattle breeding

I - INTRODUCTION

Cet article se propose de traiter l'état actuel de l'utilisation de l'irrigation et de sa valorisation dans les systèmes de production des exploitations agricoles du périmètre irrigué du sud-est de la Grande-Terre de Guadeloupe.
Le périmètre irrigué s'étend essentiellement sur les communes du Moule et de Saint-François, Sainte-Anne ne représentant qu'environ 10 p. cent de la superficie totale (5000 ha). En 1988, près de 2000 ha sont couverts par le réseau d'irrigation. Ce projet d'envergure, qui s'inscrit dans le cadre de la relance de la production de canne (plan Mauroy, réforme foncière ...), a coûté 245 millions de francs à l'état et au Département (chiffres D.A.F.).
Au moment où les travaux d'infrastructure ont déjà commencé dans le nord de la Grande-Terre, il paraît intéressant de tenter de tirer les premiers enseignements de ce qui s'est passé dans le sud-est, où certains agriculteurs bénéficient de l'eau d'irrigation depuis 1983. Depuis la mise en service du réseau, peu d'études ont été consacrées à l'impact de l'irrigation sur les systèmes de production (INRA, 1986; PELLERIN & NEY, 1985; NEY, 1985). C'est dans le souci d'éclairer les débats que s'est située l'étude résumée ici, qui a été réalisée dans le cadre des enseignements du magistère « Développement Agricole Caraïbe » (DAC) de l'Université des Antilles et de la Guyane, et qui a donné lieu à la soutenance d'un mémoire (FABRI *et al.*, 1988).

Nous avons tenté de répondre aux questions suivantes :
- Comment l'eau est-elle utilisée dans le périmètre irrigué du sud-est de la Grande-Terre ?
- Comment les systèmes de production se sont-ils réorganisés depuis l'arrivée de l'eau, et quelles peuvent être les raisons de la réorganisation observée ?

En guise de conclusion, nous tenterons d'évaluer la rentabilité des investissements réalisés.

II - METHODOLOGIE

Nous avons travaillé à deux niveaux ; au niveau de l'ensemble du périmètre irrigué et au niveau des exploitations agricoles.

1° Au niveau du périmètre irrigué nous nous sommes attachés à traiter les données relatives à l'utilisation de l'eau, tirées en particulier les bulletins de la DAF (1985, 1986, 1987), et des documents de la SOGEA.

2° En ce qui concerne les exploitations agricoles, nous avons cherché à comprendre :
- d'une part le niveau d'utilisation de l'eau agricole
- d'autre part, à l'intérieur des combinaisons de production, la manière dont s'effectue le choix d'irriguer telle spéculation plutôt que telle autre.

Pour ce faire, nous avons adopté la démarche suivante :

a) Hypothèses
Nous avons retenu deux hypothèses de base, qui semblent ssez « raisonnables » :

- L'exploitant familial cherche à valoriser au mieux le travail familial, qui est sa ressource la plus rare, en tentant ainsi de maximiser son revenu. La valeur ajoutée par heure de travail et la valeur ajoutée par hectare sont les deux critères qui permettent d'expliquer le choix des spéculations réalisées par l'agriculteur.

- L'exploitant de type capitaliste cherche à maximiser la rentabilité du capital investi. Le critère retenu pour ce type d'exploitation est le rendement du capital.

b) Echantillonnage
Dans un souci de représenter de façon exhaustive les différents types de systèmes de production, nous avons utilisé la typologie établie par NEY (1985) dans cette même région. Notre échantillon se composait d'exploitations familiales déjà prises en compte par cet auteur, auxquelles nous avons ajouté l'exploitation agricole de Gardel, considérée comme exploitation de type capitaliste. Au total, 20 exploitations ont été étudiées pendant un mois.

c) Enquête
Le travail d'enquête a consisté à :

- recueillir les données nécessaires, afin d'établir, sur la base des deux critères économiques retenus, valeur ajoutée par heure (VA/h) et valeur ajoutée par hectare (VA/ha) une **hiérarchisation** des principales spéculations (bovins, canne, tomate, concombre) rencontrées dans la zone. Cela nous a permis de construire les combinaisons de production théoriques proches de l'optimum économique. Nous avons considéré que l'exploitant cherche à valoriser au mieux d'abord sa main d'oeuvre familiale, puis sa surface en réalisant, par ordre décroissant, les spéculations combinant au mieux les critères VA/h et VA/ha, à condition toutefois que les critères nécessaires pour chaque spéculation soient remplis.

- étudier les systèmes de production en place, en mettant en évidence les déterminants du choix des combinaisons réalisées par l'agriculteur.

Ce travail d'enquête nous a permis de confronter les combinaisons théoriques à celles réellement pratiquées dans la région.

III - PRINCIPAUX RESULTATS CONCERNANT L'UTILISATION DE L'AU

Ils peuvent se résumer ainsi :

1° On constate une sous-utilisation de l'eau en volume (seuls 13 p. cent du potentiel « captable » de la rivière Bras-David sont transférés.

2° De même, les bornes d'irrigation sont sous-utilisées : les trois cinquièmes des bornes débitent moins de 500 m3 par an.

3° La sous-utilisation de l'eau s'explique en partie par le fait que la canne est relativement peu irriguée (27 p. cent du cubage consommé, pour 78 p. cent de la surface irrigable), de même que les pâturages. Le maraîchage, par contre, utilise beaucoup d'eau (67 p. cent du cubage pour 15 p. cent de la surface).

Il faut toutefois relativiser ces résultats en remarquant que les trois années sur lesquelles nous nous sommes basés ont connu des pluviométries voisines de la moyenne; on ne peut donc préjuger de ce que seraient les consommations en année très sèche.

IV - VALORISATION DE L'IRRIGATION DANS LES SYSTEMES DE PRODUCTION

3.1. Cas des exploitations familiales

1° Procès théorique de choix des combinaisons de production

Les explications qui suivent se réfèrent à la figure 1. La hiérarchisation des spéculations en fonction du critère VA/h fait apparaître trois groupes de spéculations, à l'intérieurs desquels une subdivision peut être opérée selon le critère VA/ha.

La gamme des combinaisons possibles de spéculations varie en fonction des groupes d'agriculteurs, selon que sont réunies ou non sur leurs exploitations les conditions requises par une spéculation donnée. En fonction des combinaisons de production rencontrées, on peut en effet distinguer deux grands groupes d'agriculteurs : le groupe canne-élevage (flèche pleine) et le groupe maraîcher (flèche vide). Ainsi, les agriculteurs qui ne remplissent pas les conditions requises par le maraîchage (agriculteurs âgés, disposant de faibles capitaux) appartiennent au groupe canne-élevage. Certains remplissent ces conditions, mais n'ont pas une technicité suffisante pour réaliser la spéculation « tomate-hivernage » (risques plus importants, mais VA/h supérieure à la tomate de carême); cependant, ils ont la possibilité de réaliser d'autres spéculations maraîchères : ce sont les agriculteurs du groupe « tomate-carême ». D'autres remplissent à la fois les conditions « maraîchage » et celles requises par la production de tomate d'hivernage : ils font partie du groupe « tomate-hivernage ».

Pour l'élevage bovins ont été distinguées quatre conduites, selon le type de pâturage - Pangola (*Digitaria decumbens*) ou « savane » à *Dichanthium* (XANDE, 1985) - et le mode de conduite des animaux (libres ou au piquet). Pour la canne, on a considéré quatre mode de conduite, selon qu'elle est irriguée ou non et selon le mode de récolte (CUMA ou non).

SCHEMA GENERAL DES COMBINAISONS DE PRODUCTION

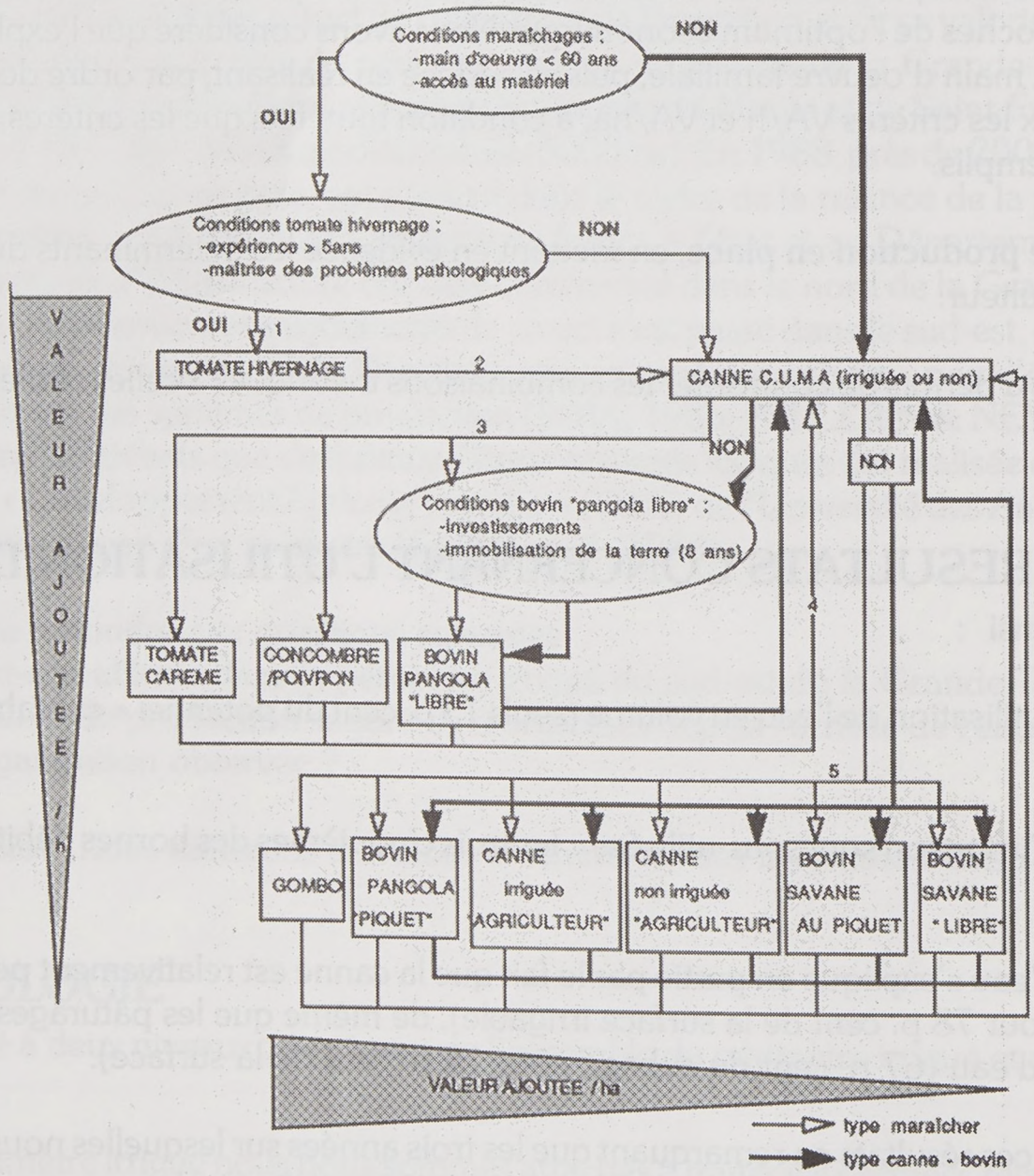


Figure 1

En étudiant le cas d'un agriculteur du groupe maraîcher « tomate-hivernage », nous allons tenter d'imaginer, à l'aide du schéma général, comment il peut être amené à hiérarchiser les spéculations entrant dans sa combinaison de production (la démarche est similaire pour les autres groupes).

Flèche 1 : A partir d'une surface définie et d'une quantité de main d'oeuvre disponible, il décide de réaliser une surface optimum en tomate durant l'année.

Flèche 2 : Pour valoriser la surface et le temps restants, il pourrait être amené à choisir la « canne CUMA » pour sa VA/h importante, mais celle-ci procure une faible VA/ha, et utilise peu la main d'oeuvre disponible.

Flèche 3 : Il va donc choisir des spéculations du second groupe de VA/ha, avec l'objectif de revenu optimum (choix des spéculations à VA/ha maximum). Dans son choix, il intègre aussi des critères agronomiques et macro-économiques : longueur du cycle des cultures, sécurité des prix.

L'élevage bovin sur pangola irrigué, en pâturage libre, ne sera pratiqué que si la surface disponible est suffisante pour permettre une immobilisation des terres sans entraver les rotations (qui diminuent les risques phytosanitaires et ralentissent la baisse de fertilité).
Si l'agriculteur ne peut pratiquer la spéculation « bovin Pangola libre » sur la surface restante, il pourra faire de la « canne CUMA » (**flèche 4**) et/ou une spéculation du troisième groupe de VA/h, à l'exception de « bovin Pangola » (**flèche 5**).

2° Confrontation entre le choix théorique et les combinaisons observées

Dans leurs combinaisons de production, les agriculteurs associent des spéculations intensives en travail (« tomate hivernage » par exemple) à d'autres qui le sont moins (« bovin savane » ou « canne CUMA »).
Selon le schéma théorique, la spéculation « bovin Pangola libre » devrait être la plus répandue dans les systèmes de production. Or, pour des raisons qui ont été précédemment indiquées dans le schéma général (niveau des investissements, immobilisation de la terre pendant huit ans), c'est en fait la spéculation « bovin savane piquet » qui est prépondérante dans le périmètre irrigué.
De même, la canne irriguée permet théoriquement de dégager des VA/ha supérieures à la canne non irriguée, et devrait être choisie préférentiellement (pour des VA/h identiques, et pour un même type de conduite). Cependant, sur le terrain, c'est la spéculation « canne non irriguée » qui prédomine, avec parfois une irrigation à la plantation .
Il convient donc de s'interroger sur les raisons de ces distorsions entre la théorie et la pratique pour les différents groupes d'agriculteurs.
Si l'irrigation est indispensable pour le maraîchage, la contribution de l'irrigation à l'augmentation des rendements dans les systèmes de production étudiés est moins sensible, pour plusieurs raisons :

- L'irrigation sur les vertisols, sols à argiles gonflantes, est **difficile à maîtriser**. L'excès d'eau peut même y provoquer des **chutes de rendement** (CABIDOCHE & NEY, 1986).

- L'irrigation doit être raisonnée en fonction de la variété de canne et du mode d'irrigation (CTCS, 1987). La variété la plus répandue actuellement dans le périmètre irrigué (B 47258) **n'est pas celle qui valorise le mieux l'irrigation**.

- Les variations inter-annuelles de la pluviométrie entraînent des variations importantes de rendement, qui peuvent **masquer l'intérêt de l'irrigation**.

En effet, si le déficit hydrique est important, l'irrigation des rejetons se justifie tout autant que celle de la canne plantée. Mais l'absence de sécheresse marquée après la mise en place du réseau n'a pas rendu nécessaire, pour les agriculteurs du groupe « canne-élevage », l'utilisation de l'irrigation sur les rejetons.

Quant aux agriculteurs du groupe maraîcher, la maximisation des rendements en canne à sucre n'est pas leur objectif principal. Dans leur système de production, la canne à sucre assure essentiellement deux fonctions :

- Elle intervient dans les rotations avec le maraîchage (tous les 4 ou 5 ans), et permet ainsi de rompre le cycle des parasites telluriques, et d'atténuer la baisse de la fertilité organique des sols.

- Elle a une fonction de sécurité face aux risques (climatiques et phytosanitaires) auxquels sont soumises les cultures maraîchères.

Ainsi, quel que soit le groupe considéré, l'irrigation de la canne, telle qu'elle est raisonnée aujourd'hui, permet seulement à l'agriculteur d'être moins dépendant des pluies pour la plantation. La sous-utilisation de l'eau, pour ce qui est des exploitations familiales, s'explique donc pour beaucoup par la faible utilisation de l'eau sur la canne et sur les surfaces en pâturage, d'autant que ces spéculations occupent, quel que soit le groupe, plus de 60 p. cent de la surface agricole utilisée.

3.2. Le cas de GARDEL, exploitation agricole de type capitaliste

Pour l'ensemble du périmètre irrigué, la sous-utilisation de l'eau agricole s'explique largement par la faible consommation de l'exploitation agricole de Gardel. En effet, cette exploitation - qui exploite en faire-valoir direct près de la moitié de la surface irrigable du périmètre - n'en irrigue qu'environ un dixième chaque année (irrigation des seules cannes plantées, tous les cinq ans, soit un cinquième de la SAU de l'exploitation). Comme dans les exploitations familiales, ce sont essentiellement les cannes plantées qui sont irriguées, mais dans ce cas surtout pour des raisons de rentabilité économique. De plus, sur cette exploitation, les charges induites par l'irrigation (main d'oeuvre, eau...) sont encore trop importantes par rapport aux recettes supplémentaires qu'elles procurent.

V - CONCLUSION

Les objectifs de relance de la canne, notamment à travers les augmentations de rendements dues à l'irrigation, n'ont pas encore été atteints. La tendance d'évolution qu'on observe chez les agriculteurs qui irriguent est l'intensification du maraîchage aux dépens de la canne.

La sous-utilisation de l'eau explique que la rentabilité économique de l'infrastructure ne soit pas assurée. Cependant, bien avant la rentabilité économique - qui n'était pas forcément l'objectif premier - l'irrigation a permis incontestablement des améliorations sur le plan social dans le périmètre. Elle a conduit, en particulier chez les maraîchers, à l'augmentation des revenus, elle a favorisé l'emploi des jeunes et l'essor des productions maraîchères destinées au marché local et à l'exportation.

On peut espérer que l'expérience du sud-est de la Grande-Terre sera prise en compte pour mieux gérer l'irrigation du nord. Il serait regrettable de disposer d'un outil aussi précieux et aussi important (6000 ha irrigables au total) et de n'utiliser ses capacités que dans une très faible proportion.

REFERENCES

CABIDOCHE Y.-M. & NEY B., 1986 - Quelques problèmes de gestion de l'eau lorsque les sols varient fortement au sein d'une même parcelle. Le cas des plateaux de l'est de la Grande-Terre. *Bull. agron. Ant. Guy.*, 4, 53-61.

C.T.C.S. Guadeloupe, 1987 - *Résultats d'essais de variétés de canne à sucre sous irrigation à la Guadeloupe.*

FABRI C., GARGANTA E., PETIT J.-M., PINDARD A. & SIZAM-BASTAREAUD S., 1988 - *Le périmètre irrigué de l'est de la Grande-Terre : état actuel de l'utilisation de l'irrigation, impacts et perspectives.* Mém. fin 2e ann. D.A.C., Univ. Ant. Guy.

D.A.F Guadeloupe, 1985 - *Périmètre Est. Campagne d'irrigation 1985. Basse-Terre.*

D.A.F Guadeloupe, 1986 - *Périmètre Est. Campagne d'irrigation 1986. Basse-Terre.*

D.A.F Guadeloupe, 1987 - *Périmètre Est. Campagne d'irrigation 1987. Basse-Terre.*

INRA, 1986 -Besoins en eau des cultures et irrigation aux Antilles. Numéro spécial. *Bull. agron. Ant. Guy.*, 4, 80 p.

PELLERIN S. & NEY B., 1985 - Intérêt d'une typologie d'exploitation pour orienter les travaux de recherches : le cas de l'est Grande-Terre, Guadeloupe. *In* : Actes Coll. Syst. Prod. agric. Carib. et Alternatives Dévelop. DAC, Univ. Ant. Guy., Pointe à Pitre.

NEY B., 1985 - Les systèmes de culture dans les exploitations maraîchères du périmètre irrigué de Grande-Terre, Guadeloupe : fonctionnement et problèmes agronomiques. *In* : Actes Coll. Syst. Prod. agric. Carib. et Alternatives Dévelop. DAC, Univ. Ant. Guy., Pointe à Pitre.

XANDE A., 1985 - La productivité des pâturages : problèmes posés et intérêt de quelques techniques pour améliorer la productivité dans le cadre des petites exploitations. *In* : Actes Coll. Syst. Prod. agric. Carib. et Alternatives Dévelop. DAC, Univ. Ant. Guy., Pointe à Pitre.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 39-45, 1989.

UN LOGICIEL D'AIDE A LA DECISION POUR CONDUIRE L'IRRIGATION DE MULTIPLES PARCELLES DE CANNE A SUCRE

ROBIN P., COMBRES J.C. & KAMIENIARZ C.

CIRAD-IRFA, Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane,
BP 1232 F97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

IRRICANNE 2 calcule le bilan hydrique parcellaire journalier pour un grand nombre de parcelles différentes et propose des irrigations pour chacune. Il utilise les résultats récents de la recherche cannière sur vertisols. Il est programmé en dBase III + (®Ashton-Tate). Trois principes ont guidé sa conception : séparation des responsabilités des intervenants, contrôle du clavier et des enregistrements, convivialité des dialogues.

Mots clés additionnels : *Bilan hydrique micro-informatique*

SUMMARY

Computer program to help decision and irrigation scheduling of many sugar cane plots.

IRRICANE 2 is a computer program which calculates a daily water balance of many sugar cane plots. Then it proposes an irrigation for each plot. It includes recent results of the research-programs in Guadeloupe. It is programmed with dBase III + (®Ashton-Tate). Three principles guided its conception : separation of the different operators responsabilities, scoreboard and recordings checking, user-friendly screen-tables for dialog.

Additional key words : water balance personal computer

I - INTRODUCTION

Dans les pays à saison sèche très marquée, un simple « tour d'eau », judicieusement calculé, suffit à assurer les besoins en eau et à planifier l'irrigation. Cette méthode est d'autant plus efficace que la pluviométrie est faible. Sous climat tropical humide, et particulièrement sous climat insulaire Caraïbe où la pluviométrie est très aléatoire, la planification de l'irrigation est par contre très difficile.

A la Guadeloupe, en Grande-Terre, il est impossible de déterminer une période pendant laquelle le déficit hydrique est systématique. Il existe tous les ans des périodes sèches plus ou moins importantes, mais elles peuvent survenir n'importe quand. Il n'y a pas de mois où la pluviométrie est toujours supérieure à l'Evapotranspiration potentielle (ETP), mais cette condition peut être remplie n'importe quel mois avec une probabilité plus ou moins élevée. Le rapport entre la pluviométrie décennale humide et la pluviométrie décennale sèche (K3) varie de 3,2 à 8 au pas de temps mensuel, de 10 à 140 au pas de temps décadaire (ORSTOM, 1988).

A une date donnée les besoins en eau varient d'une parcelle à l'autre en fonction de son âge, (date de plantation ou de récolte précédente). L'efficacité d'une pluie est fonction du déficit hydrique de la parcelle, conditionné par son âge, et par la date et l'importance du dernier apport d'eau. Il est de ce fait impossible d'estimer empiriquement l'état hydrique de chaque parcelle.

Par ailleurs, les vertisols à argiles gonflantes deviennent asphyxiques à saturation, et l'excès d'eau a un effet dépressif sur les rendements. On ne peut donc pratiquer des irrigations par excès pour compenser les difficultés d'estimation. De plus, la culture de la canne à sucre est peu rémunératrice, et il faut éviter les gaspillages.

Le programme IRRICANNE 2 permet de fournir au pas de temps journalier, pour 5 000 parcelles de caractéristiques différentes, l'état des réserves hydriques, différents éléments de décision, et une recommandation d'irrigation. Il intègre les résultats récents de la recherche. A la récolte, il crée une fiche de synthèse qui autorisera une analyse ultérieure des réalisations de la campagne et des campagnes successives.

Il peut être utilisé par trois types d'utilisateurs ayant des responsabilités hiérarchisées et des possibilités différentes d'accès aux fichiers et à leur modification :

- le **gestionnaire** du système,
- les **techniciens**,
- les **agriculteurs**

et il est prévu pour déboucher sur un serveur télématique.

La gestion du fichier est assurée par dBase III + (Ashton-Tate). IRRICANNE 2 est la suite logique et plus performante de IRRICANNE 1 (COMBRES & JACQUEMOUD-COLLET, 1988).

II - PRESENTATION DU LOGICIEL

2.1. L'héritage du logiciel commercial : dBase III+ (Ashton Tate/La Commande Electronique)

dBase III + a l'avantage d'être largement répandu et suffisamment complet pour notre application. L'unité de gestion est la fiche. Ainsi, les utilisateurs sont identifiés par une fiche contenant leur nom, leur code d'accès confidentiel, et le type d'utilisation autorisé. Une fiche « traitement » oriente le déroulement du programme. Chaque parcelle a une fiche « paramètres d'une campagne », un ensemble de fiches « irrigation journalière » et un ensemble de trente fiches « bilan hydrique journalier ». Chaque zone pluviométrique - une ou plusieurs parcelles - et chaque zone ETP -échelle régionale- possède un ensemble de fiches journalières.
Les fichiers sont au nombre de neuf : **ETP**, **Pluviométrie**, **Irrigations**, **Parcelles**, **Utilisateurs**, **Traitement**, **Bilan hydrique**, **Postes pluviométriques de référence**, **Récapitulation.** Lors de l'utilisation, des filtres cachent les fiches inutiles, de sorte que les modules n'y aient pas acccès. Pour que le programme ne puisse s'interrompre accidentellement, des boucles contrôlent les informations entrées au clavier et l'écriture des fiches. Une fiche récapitulative du bilan hydrique mémorise les principaux critères, les fiches journalières donnent le détail du calcul pour les trente derniers jours.
La mémoire de masse nécessaire est de 14 mégaoctets pour 5000 parcelles, auxquels s'ajoutent 900 kilooctets par campagne -pluie, ETP, fiches parcelles- ce qui nécessite un disque dur de 20 Mo au minimum.

2.2. Organisation du programme

Le logiciel est prévu pour plusieurs zones climatiques (zones ETP), chacune subdivisée en zones rattachées à une ou plusieurs zones pluviométriques. Les pluviomètres sont gérés soit par l'agriculteur, soit par une structure extérieure.

2.2.1. Les utilisateurs

Il est prévu trois niveaux d'accès hiérarchisés que nous avons appelés : **gestionnaire**, **technicien**, **planteur**. Le module d'entrée identifie l'utilisateur et oriente le déroulement du programme.

2.2.1.1. Le Gestionnaire est la seule personne à avoir accès à tous les fichiers et à pouvoir les modifier.
- Il crée les zones ETP et pluviométriques
- Il enregistre les nouveaux planteurs et techniciens et leur attribue un code d'accès, leur « chemin d'accès » obligé, les rattache à une zone ETP et une zone pluviométrique.
- consulte, modifie, supprime les fichiers
- édite les résultats
- est le seul à pouvoir arrêter le programme et libérer l'ordinateur.

Tous les autres utilisateurs ont un « chemin d'accès » obligé. Pour toutes les saisies, les corrections peuvent être effectuées avant enregistrement du tableau. Ensuite, il faut faire appel au gestionnaire en cas d'erreur, ceci afin d'éviter les modifications incontrôlées et pour protéger les fichiers.

2.2.1.2. Le Technicien
- saisit les paramètres nécessaires au calcul de l'ETP
- saisit les pluviométries dont il a la charge (postes de référence)
- peut consulter les données planteur, sans pouvoir les modifier.

2.2.1.3. Le Planteur
- saisit en priorité la pluviométrie du (ou des) poste(s) dont il a la charge. Il ne peut aller plus loin tant que cette tâche n'est pas effectuée.
- choisit parmi ses parcelles celles qu'il a irriguées depuis la dernière interrogation (toutes ou certaines)
- saisit l'irrigation appliquée : date et dose (en volume ou en mm)
- peut lancer le calcul du bilan hydrique pour ses parcelles
- peut consulter les résultats de ses parcelles.

N.B. Un planteur ne peut accéder directement au programme lors de la première utilisation. Il doit s'adresser au gestionnaire (un message donne ses coordonnées). Le gestionnaire lui attribue un code d'accès et définit avec le planteur toutes les caractéristiques nécessaires aux calculs ultérieurs. Lorsque la saisie sera terminée, le gestionnaire lancera le calcul depuis une date à laquelle il est certain que le sol était à saturation (réserves pleines). A défaut, il fixe l'état des réserves hydriques au début du calcul. Toutes ces caractéristiques sont généralement déterminées sur le terrain par le service de développement.

2.2.2. Définition des parcelles

La parcelle ne correspond pas obligatoirement à la parcelle physique du terrain. C'est l'unité irrigable en 24 h, et possédant des caractéristiques agronomiques homogènes. Elle est définie par :

- son nom
- les dates de validités de la fiche : début et fin de calcul
- sa superficie : il s'agit de la superficie irriguée et non de la superficie plantée. Elle sert à convertir les volumes d'eau en millimètres
- la variété : utile pour les synthèses de fin de campagne. Il est prévu ultérieurement de pouvoir modifier les paramètres de coefficient cultural en fonction de la variété (ou d'une autre espèce)
- le type de sol (peu épais, moyen , profond) qui permet d'associer des réserves hydriques et des seuils d'irrigation à chaque profondeur de sol. Prévu pour vertisols et canne à sucre, le programme peut être modifié pour inclure d'autres codes, donc d'autres sols
- la couverture du sol : sol nu (canne plantée ou brûlée), ou mulch de feuilles

Ces paramètres interviennent dans le coefficient cultural K

- la pente interviendra dans les conseils à l'irrigation
- le numéro de repousse : intervient dans le calcul de K
- la date de plantation
- la date de récolte : s'il s'agit d'une canne plantée (repousse 0) l'évolution du coefficient cultural débute à la date de plantation ; dans les autres cas, à la date de récolte précédente
- la date de récolte prévue
- le type de matériel d'irrigation : à chacun est associé une dose maximale d'application et une durée de rotation pour le conseil à l'irrigation
- l'activité de la fiche : elle peut être inactivée pour arrêter le calcul s'il devient inutile

2.3. Les programmes de calculs

2.3.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP, en mm/jour)

Elle est calculée à partir des mesures de rayonnement global Rg en Mégajoules/m2/jour selon la formule de BAS-TERGUE (1988) :

ETP = 0,24 Rg

Le technicien saisit les valeurs de Rg. Si la donnée est manquante, une ETP standard est prise en compte. Il s'agit de la moyenne mensuelle interannuelle (15 ans) de la zone.

Ultérieurement, cette saisie pourrait être remplacée par l'interrogation automatique de la station météorologique de référence.

2.3.2. Traitement de la pluviométrie

Compte tenu de l'extrême localisation des averses, l'idéal est de disposer d'un pluviomètre pour un nombre restreint de parcelles. Il est alors géré par le planteur, mais il n'est pas certain que les relevés soient effectués avec la ponctualité et la précision des stations météorologiques. On différencie donc :

- Les postes de références : de stations météorologiques standard,relevés quotidiennement. Ils sont gérés et saisis par les techniciens et pourraient ultérieurement être interrogés automatiquement
- Les postes secondaires gérés par l'agriculteur : la saisie peut être quotidienne ou cumulée sur 3 jours maximum (week-end). Pour une journée sans pluie, l'agriculteur saisit 0. S'il ne saisit rien, la donnée suivante est une donnée cumulée. Chaque pluviomètrie secondaire est associée à un poste de référence (voire plusieurs). Si la donnée est cumulée, elle est positionnée à la bonne date, ou répartie sur plusieurs journées proportionnellement aux relevés du poste de référence.

Si le poste secondaire est défaillant, soit parce que les cumuls excèdent 3 jours, soit parce que la saisie n'est plus effectuée, ou encore parce que les données sont aberrantes, le poste n'est plus pris en compte et l'on se rattache au poste de référence.

Le technicien contrôle la vraisemblance des relevés des planteurs.

2.3.3. L'évapotranspiration maximale (ETM) et réelle (ETR)

2.3.2.1. ETM et coefficient cultural (K)

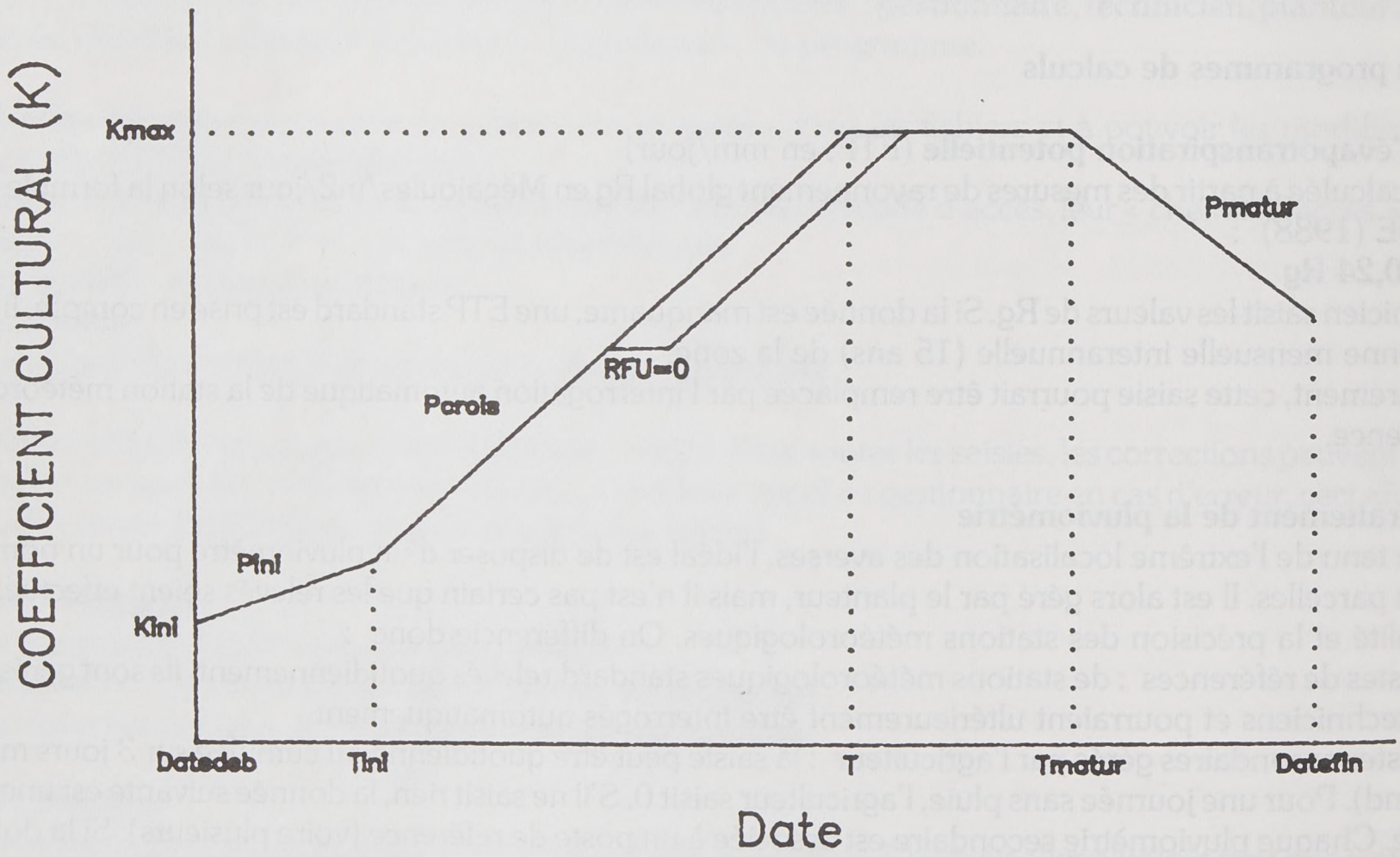
ETM est calculée par : ETM = K * ETP

Le coefficient cultural est issu des résultats de recherche conduits en Guadeloupe depuis 1985 (COMBRES, 1989 ; BUSSIERE, 1985). On distingue trois phases (fig. 1) pendant lesquelles K évolue de façon continue :

- la **phase initiale** : de la plantation ou de la récolte au tallage. Elle est caractérisée par sa durée (Tini) par la valeur initiale de K (Kini) et par la pente d'évolution journalière (Pini). La couverture du sol intervient sur Kini et Pini. Après récolte « en vert » le sol est recouvert de feuilles et K est faible (BUSSIERE, 1985). Si la canne est brûlée, ou après plantation, K est plus élevé. En canne vierge (rejeton 0), la durée de la phase initiale est plus longue : 3 mois au lieu de 2, et la vitesse de croissance de K est plus faible.
- la **phase de croissance** active, de début cannaison à la pleine croissance : K évolue linéairement jusqu'à 1 où il plafonne. Il est très lié à la hauteur de la canne (COMBRES, 1989). De ce fait, lorsque la réserve facilement utilisable (RFU) est épuisée et que la croissance s'arrête (ARCHER, 1987), K n'évolue plus. Il peut ainsi ne jamais atteindre 1 si les conditions hydriques sont très défavorables.
- la **phase de prématuration et maturation** : on observe en fin de cycle une diminution de K (COMBRES, 1989). Cette phase débute à une date Tmatur, avec une pente Pmatur.
- Cas particulier de l'**interculture** : Après la récolte, K est réinitialisé automatiquement et une nouvelle campagne débute. Si la parcelle doit être replantée, le planteur saisit un numéro de rejeton égal à 0, et une date de plantation volontairement très tardive. Le sol est généralement nu après la récolte et labouré rapidement. K est celui du sol nu jusqu'à la date de plantation. Lors de la plantation réelle, on modifie la date de plantation et le K commence à évoluer selon les procédures ci-dessus.

La décomposition de K en trois phases permet de retrouver les courbes classiques de coefficients culturaux, et l'on pourrait ainsi paramétrer n'importe quelle culture.
Suivant les données figurant sur la fiche parcelle, le programme choisit le jeu adéquat des paramètres.

Fig.1 : MODELE DE COEFFICIENT CULTURAL (CANNE)



2.3.3.2. ETR

La réserve hydrique du sol se décompose en deux parties : une réserve facilement utilisable (RFU) et une réserve difficilement utilisable (RDU). Si RFU n'est pas épuisée, ETR = ETM ; ensuite ETR diminue en fonction de la réserve disponible R selon la formule **ETR/ETM = R/RDU.**

2.3.4. Modèle sol et calcul du bilan hydrique

L'observation des vitesses de croissance de canne (ARCHER, 1987) montre que sur les vertisols de Grande-Terre, la réponse à la pluviométrie est rapide et que tout se passe comme si la RFU se remplissait en premier. Lorsqu'elle est pleine, elle déborde dans la RDU et lorsque celle-ci est pleine, l'excès d'eau constitue les pertes (ruissellement et infiltration). Pour ne pas attribuer un poids trop important à la RFU, un transfert paramétrable, de l'ordre de

1 à 2 mm/jour, représente les transferts conductifs de RFU vers RDU. Le transfert est nul si la RFU est vide ou si la RDU est pleine. On calcule chaque jour l'état des deux réserves, indicées suivant le numéro de jour (j) : R1 (RFU) et R2 (RDU). On considère que les pluies et les irrigations sont appliquées en début de journée, on aurait pu choisir de les appliquer en fin de journée.

Le calcul comporte trois étapes :
- le calcul du transfert de RFU vers RDU au cours de la journée précédente
- le remplissage des réserves par la pluie ou l'irrigation
- Le calcul de l'ETR et le bilan en fin de journée

2.3.5. Croissance relative de la canne

ARCHER (1987) a montré que la vitesse de croissance de la canne diminuait avec R1. On calcule donc cette vitesse de croissance par rapport à la vitesse maximale V max selon la formule **V/V max = 0,9 (R1/RFU) + 0,1**. Ce rapport est un indicateur supplémentaire devant aider à la décision de l'agriculteur. Il ne permet pas à l'heure actuelle de calculer la croissance, sur tout ce cycle. Il faudra pour cela introduire une vitesse V max pour chaque stade de développement.

2.3.6. Alerte à l'irrigation

Pour chaque type de sol, un seuil d'irrigation est retenu en p. cent de la RFU. Ce seuil est fixé par le gestionnaire. Sur les vertisols à argiles gonflantes on ne peut recharger les réserves que par le biais des fentes de retrait (à saturation , la perméabilité est très faible, environ 2 mm/j ; CABIDOCHE, communication personnelle). Pour que ces fentes apparaissent, il convient de laisser s'épuiser une partie de la RFU.
A chaque type de matériel d'irrigation est associée une dose par passage.
L'alerte correspond à la plus grande des deux valeurs de déficit (seuil ou dose).
On calcule, en supposant ETR constant (et égale à ETR du premier jour), le nombre de jours nécessaires pour atteindre le seuil d'alerte. Deux mois avant récolte les recommandations ne sont plus éditées (arrêt d'irrigation).

2.4. Les sorties journalières

Le planteur a le choix entre deux options :
- une parcelle pour les 10 derniers jours
- toutes les parcelles au dernier jour calculé

Les tableaux édités dans les deux cas sont donnés en annexe.

Suivant son niveau de formation, le planteur établit ses priorités d'irrigation :
- en hiérarchisant les parcelles en fonction du conseil à l'irrigation : nombre de jours avant la prochaine irrigation (ultérieurement, ce tri pourrait être automatique).
- en modulant ces recommandations en fonction du stade de développement de la culture, ce qui suppose une bonne connaissance de l'efficience de l'eau.

2.5. Fiches récapitulatives et synthèse de la campagne

Au cours de la campagne, une fiche récapitulative est mise à jour quotidiennement. Elle comprend :

- toutes les données de la fiche parcelle
- les cumuls de :
  - pluies
  - irrigations
  - nombre d'irrigations
  - ETM
  - ETR
  - vitesse de croissance
  - vitesse maximale de croissance
  - nombre de jours avec R1=0
  - nombre de jours avec R1=RFU et R2=RDU (saturation)

- à la récolte on saisit :

  - date de récolte
  - tonnes de cannes/ha
  - richesse en sucre

A la fin de la campagne, seules les fiches récapitulatives sont archivées
En utilisant les commandes de dBase III+, le gestionnaire, peut effectuer tous les tris souhaités et analyser les résultats dans de nombreuses directions par exemple :
- rendements par variétés et numéro de rejetons
- richesse et tonnage en sucre en fonction des dates de récolte
- rendements en fonction de (somme des ETR/somme des ETM) ou de (somme des V/somme des V max)
- rendements en fonction des doses d'irrigation

Si des parcelles, non irriguées, de caractéristiques comparables ont été suivies, on peut analyser les réalisations sur le plan agronomique et économique.

III - LIMITES DU LOGICIEL

3.1. Au niveau des modèles

Si l'évapotranspiration de la culture est bien cernée grâce aux campagnes de mesure L.A.M.I.E. (Laboratoire Autonome de Mesure Informatisée de l'Evapotranspiration) (COMBRES, 1989), il n'en va pas de même des phénomènes de ruissellement sur vertisols et, dans une moindre mesure des modèles sol. Le test de modèles sol fait partie du programme LAMIE en cours et les résultats permettront d'améliorer IRRICANNE 2. Il serait nécessaire de mettre en place des expérimentations spécifiques « Ruissellement » pour étudier ce phénomène, lié au comportement particulier des vertisols.

3.2. Au niveau de dBase III+

L'expérience nous a montré que d BaseIII+ est très lent malgré la compilation par DBRUN. Les calculs nécessitent plusieurs heures si l'on a un grand nombre de parcelles. On ne peut donc disposer des résultats que le lendemain, le gestionnaire lançant les calculs en fin de journée. Dans la pratique agricole, ce n'est pas un handicap majeur, mais si l'on veut s'orienter vers un serveur télématique, il faudra utiliser un langage plus rapide.

IV - CONCLUSION

Plus qu'un simple modèle de bilan hydrique à la parcelle, IRRICANNE 2 propose un environnement d'aide à la décision pour gérer un grand nombre de parcelles de caractéristiques différentes. Il inclut les résultats récents de la Recherche sur l'irrigation de la canne à sucre sur vertisols. Il constitue un environnement ouvert, aisément modifiable pour inclure les résultats futurs. La séparation des responsabilités des intervenants et le contrôle des entrées autorise qu'il soit utilisé par des personnes de niveaux techniques très différents.
Il pourrait être rapidement adapté à d'autres cultures telles que la banane ou le maraîchage.

REFERENCES

ARCHER P., 1987 - Croissance de la canne à sucre en relation avec le bilan hydrique. Joint CFCS - CEAS Meeting - Antigua.

ASHTON TATE/La commande électronique, 1986 -*Notice du logiciel dBase III Plus.*

BASTERGUE P., 1988 - *Mesure et estimation de l'ETP à la Guadeloupe.* Rapport d'activité. Doc. interne CIRAD.

BUSSIERE F., 1985 - *Etude comparée des évaporations de deux sols de la Guadeloupe.* Mémoire DAA. Doc. interne INRA Guadeloupe.

COMBRES JC., JACQUEMOUD-COLLET JP., 1988 - IRRICANNE : A computer model for daily water stress of sugar-cane plots. *Agric. Water Manage.* (numéro spécial sous presse)

COMBRES JC., 1989 - *Besoins en eau et pilotage de l'irrigation de la canne à sucre en Grande Terre. Rapport d'exécution.* Convention Régionale. Doc. interne CIRAD.

INRA Antilles-Guyane, 1986 - Besoins en eau des cultures et irrigation aux Antilles. *Bull. agron. Antilles-Guyane* 4 (numéro spécial).

ORSTOM, Guadeloupe, 1988 - *Note sur la distribution des totaux pluviométriques du poste usine de Gardel.* Doc. interne.

ANNEXE

PRESENTATION DES RESULTATS PAR PARCELLE

Parcelle: PARC 1 RFU: 60.0 RDU: 40.0 Matériel: Canon

Date	Réserves en eau RFU	RDU	ETR	Pluie	Irrig. (mm)	Crois. Relative (en %)	Conseils Dose m3	Dose mm	Delai Jours	Irrig. Maxi
09/06/89	41.5	40.0	1.5	5.0	0.0	61.6	0	0	7	19 mm
10/06/89	45.7	40.0	0.7	16.0	0.0	66.6	0	0	21	14 mm
11/06/89	58.5	40.0	1.5	1.0	0.0	85.7	0	0	19	1 mm
12/06/89	58.2	40.0	1.3	0.0	0.0	85.1	0	0	20	2 mm
13/06/89	57.3	40.0	0.9	0.0	0.0	83.1	0	0	30	3 mm
14/06/89	55.7	40.0	1.6	0.0	0.0	81.9	0	0	16	4 mm
15/06/89	53.9	40.0	1.7	1.0	0.0	79.6	0	0	13	6 mm
16/06/89	53.0	40.0	1.9	1.0	0.0	78.6	0	0	11	7 mm
17/06/89	52.0	40.0	2.0	0.0	0.0	77.2	0	0	11	8 mm
18/06/89	50.2	40.0	1.8	0.0	0.0	74.4	0	0	11	10 mm

(I)mprimer (P)arcelle suivante (A)utres informations (M)enu

I : imprimer; M : menu; D : autre date; P : autre parcelle

PRESENTATION DES RESULTATS PAR JOURNEE

date :26/03/89

parcelle	réserve en eau RFU	RDU	évapotranspiration	pluie	irrigation apportée(mm)	croissance relative(%)	conseil dose m3	dose mm	delai jours
SURETTE 2	2.4	19.8	4.6	0.0	0.0	3	0	* 0	0
TAMARIN 1	10.9	21.5	4.6	0.0	0.0	14	0	* 0	0
TAMARIN 2	10.9	21.5	4.6	0.0	0.0	14	0	* 0	0
TOUR	2.4	19.8	4.6	0.0	0.0	3	0	* 0	0
TOURNANT	12.9	27.6	4.6	0.0	0.0	17	0	* 0	0
TROIS MOI	0.0	19.8	2.1	0.0	0.0	0	0	* 0	0
USINE 1	10.9	21.5	4.6	0.0	0.0	14	0	* 0	0
USINE 2	10.9	21.5	4.6	0.0	0.0	14	0	* 0	0
USINE 3	10.9	21.5	4.6	0.0	0.0	14	0	* 0	0
VOLNY	2.4	19.8	4.6	0.0	0.0	3	0	* 0	0

Choisissez une lettre (M pour quitter). Votre choix :

* : indique que la dose ne suffit pas à remplir la RFU

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 46-57, 1989.

LES NEMATODES DE LA CANNE A SUCRE DANS LES ANTILLES FRANCAISES

I - DONNEES SUR LES PEUPLEMENTS
II - PREMIERS ESSAIS NEMATICIDES

KERMARREC A., ANAIS A. & CASTAGNONE-SERENO Ph.

Avec le concours technique de GOTIN R. et IRENEE B.

INRA Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane,
BP 1232 F97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

Cette première étude écologique de la nématofaune de la canne-à-sucre en Guadeloupe et Martinique souligne la présence de nématodes phytophages classiques sur les racines de cette plante en Guadeloupe et en Martinique. Les genres *Helicotylenchus* et *Pratylenchus* paraissent mériter l'attention des agronomes. Les peuplements sont dépendants de l'histoire du terrain, du climat, du type de sol, de la variété plantée et de sa conduite en monoculture. Le brûlage à la récolte a des impacts pédobiologiques majeurs. Un essai de nématicides en oxisol (dazomet, aldicarbe, ethoprophos et phénamiphos) n'a pas eu d'effet bénéfique sur les paramètres industriels (tonnage en cannes et sucre). La nématofaune est diversement atteinte par ces traitements. Les effets secondaires de ces matières actives sont étudiés : phytotoxicité, tallage, paramètres phénologiques.

SUMMARY

Nematodes of sugar cane in the French West Indies. I - Populations data. II - First nematicidal trials.

This first study of nematodes ecology on sugar cane in th French West Indies underlines the presence of a classical phytophagous component of the fauna among which Helicotylenchus *and* Pratylenchus *appear worth of attention. Population structures are strongly related to the history of the field, climate, type of soil, planted varieties, and cultural practises. Burning of mature fields has a dramatical negative effect on soil ecology. Nematicides (dazomet, aldicarb, prophenophos, ethoprophos) have been tested in oxisoil whithout any improvement of industrial parameters (cane weight, sugar yield). Besides proper nematocidal results, secondary effects of these active ingredients are analysed through some phenological parameters of the vegetal.*

INTRODUCTION

La canne à sucre, comme toutes les plantes supérieures, héberge un cortège de nématodes phytophages appartenant aux grands groupes des Tylenchides et Dorylaimides. Ces helminthes parasites des tissus racinaires ont été signalés pour la première fois sur cette plante à Java par TREUB (1885).

Dans la Caraïbe, peu de travaux ont porté sur ces parasites. Les premières références à des Nématodes sur cette graminée concernent Porto-Rico et sont relativement anciennes : COOK (1925) et MATZ (1925). Ce n'est que vers les années 50 que l'on retrouve un intérêt (dans les Grandes Antilles) pour ces ennemis à Cuba et Porto-Rico : PINEDA (1957, 1958), ROMAN (1961, 1965), DIXON (1962), RAMIREZ (1964), et ROMAN & GRULLON (1974) pour la République Dominicaine. Dans les Petites Antilles SINGH (1973) pour Trinidad et BRATHWAITE (1975) pour la Barbade donnent certaines informations nématologiques.

Quelques synthèses sont à signaler sur ce sujet : ROMAN (1968), WILLIAMS (1969) et PRASAD (1972). Dans la littérature à diffusion restreinte, notons le travail de thèse de O'RELLY LEGON (1979) à l'Université de La Havane (Cuba) dont nous avons extrait de nombreuses informations pour l'arc antillais.

Enfin, le lecteur trouvera dans ce même numéro un document de synthèse sur les nématodes de la canne à sucre préparé par l'un d'entre nous.

Aprés quelques travaux préliminaires (KERMARREC & SCOTTO LA MASSESE, 1972) le Laboratoire de Nématologie de l'INRA en Guadeloupe a effectué, de 1974 à 1976, une enquête écologique pour clarifier la situation nématologique sous canne dans les départements français d'Amérique. Les peuplements ont été étudiés dans divers contextes écologiques et quelques traitements nématicides ont été tentés. Ce document résume l'ensemble des données acquises lors de cette première campagne phytonématologique en Guadeloupe et Martinique.

La presentation de résultats nématologiques pour un public non-nématologiste est toujours délicate : dans un souci de clarté, les données acquises seront simplifiées, parfois jusqu'aux simples tendances générales.

I - DONNEES SUR LES PEUPLEMENTS NEMATOLOGIQUES SOUS CANNE A SUCRE

L'influence des facteurs suivants a été étudiée sur le peuplement nématologique global sous canne : type de sol, remodelage et profondeur, climat, rotations, variété et brûlage.

Matériel et méthodes :
Les échantillonnages nématologiques sont effectués, pour partie, à l'occasion de la description de profils culturaux effectués lors de la coupe, à la saison sèche, par les pédologues (fosses de 1,50 m sur 0,70 m de profondeur). On note un déficit cumulé de 14 mm d'eau sur les trois mois précédant la prise des échantillons. Sur chaque flanc de la tranchée, et tous les 10 cm, trois échantillons de sol d'environ 3 kg sont constitués à partir d'échantillons élémentaires d'environ 100 g prélévés au hasard dans la strate. Les caractéristiques agronomiques (enracinement, structure du sol, physico-chimie) sont relevées selon le même plan d'échantillonnage.
Au laboratoire, 400 g de sol frais sont traités par tamisage suivi d'une centrifugation-flottaison (KERMARREC et SCOTTO LA MASSESE, 1972). Les endoparasites sont extraits des tissus racinaires par broyage suivi d'une centrifugation-flottaison. Plus de 250 échantillons ont été traités dans cette étude.
Un peuplement nématologique est caractérisé par ses groupements trophiques : microphages-détritiphages, bactériophages, phycophages, mycophages, phytophages (plantes supérieures) et carnivores (prédateurs et cannibales). Pour simplifier les descriptions, les non-phytophages seront regroupés en « saprophages ». Les carnivores ne sont, en général, présents qu'en trés faibles densités : leurs nombres seront additionnés à ceux des saprophages. Lors du dénombrement sous loupe stéréoscopique, seuls les phytophages *sensu stricto* seront détaillés à l'espèce. Les modifications de la structure des peuplements seront décrits par des paramètres simples tels que d : densité totale de la nématofaune extraite en nombre d'individus pour 100 g de sol fin et frais, et P % : taux de phytophages dans la population. La fraction endoparasite du peuplement est présentée en nombre d'individus pour 10g de racines fraîches.

A - COMPOSITION GENERALE DE LA NEMATOFAUNE

PRASAD (1972) sous-estimait largement la réalité en ne signalant que 15 genres et 50 espèces de phytophages inféodés à la rhizosphère de la canne. De nombreuses espèces doivent cependant être considérées comme occasionnelles, rares ou anecdotiques. Dans la Caraïbe, les genres de nématodes classiquement trouvés sous canne sont listés ci-dessous. Seuls les genres soulignés peuvent être considérés, en première approche, comme agronomiquement importants (car dominants en densité, et ce, au moins pour les Petites-Antilles) :
Tylenchides : *Belonolaimus*, *Criconemoides*, *Dolichodorus*, *Helicotylenchus*, *Hemicriconemoides*, *Hoplolaimus*, *Meloidogyne*, *Paratrophurus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Radopholus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Scutellonema*, *Telotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorhynchus* ; ...
Aphelenchides : *Aphelenchus*, *Aphelenchoides* ;
Dorylaimides : *Longidorus*, *Trichodorus*, *Xiphinema* ; ...

Dans ces genres, seules quelques espèces, parmi les centaines répertoriées, paraissent économiquement importantes. Celles figurées en gras sont nettement dominantes (en fréquence d'apparition) :
-le nématode spiralé : ***Helicotylenchus dihystera***, *H. erythrinae*
-le nématode des lésions racinaires : ***Pratylenchus zeae***, *P. brachyurus* et *P. coffeae*
-le nématode à galles : ***Meloidogyne incognita***, *M. arenaria*, *M. javanica*
-le nématode réniforme : ***Rotylenchulus reniformis***
-les ***Dorylaimides*** : ***Xiphinema americanum*** et ***Longidorus laevicapitatus***.

Cette liste, trés simplifiée, reste en accord avec l'échantillonnage effectué en Martinique par GERMANI (1983, comm. pers.).

Quelques éléments de bioécologie des espèces
Les phytophages sont soit **endoparasites** : le cycle s'effectue à l'intérieur des tissus de la plante hôte; le ver peut migrer (*Pratylenchus*, *Helicotylenchus*) ou rester sessile (*Meloidogyne*), soit **ectoparasites** : le nématode reste mobile dans la rhizosphère (*Helicotylenchus*, *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus*). Les semi-endoparasites forment un groupe intermédiaire : la partie antérieure du corps du ver est fichée dans les tissus racinaires et ces formes sont donc sédentaires (*Rotylenchulus*).
Les symptômes sont liés étroitement au type de parasitisme : seul le genre *Meloidogyne* génère des galles sur les jeunes racines en piquant de préférence les zones distales, méristématiques. Les autres symptômes sont moins évidents. La pratylenchose engendre des nécroses de 1 à 1,5 cm avec des déformations du paremchyme subcortical.

Les lésions peuvent être peu à trés colorées selon le contexte pédobiologique et la variété. Les extrémités racinaires peuvent se gonfler et se présenter en chicot. Une helicotylenchose, par les multiples piqûres et l'active migration du ver, se signale par des zones nécrotiques, une augmentation du chevelu et un aspect nettement frisoté des radicelles (augmentation du nombre d'incurvations). WINCHESTER (1969) souligne la détérioration du port et de la hauteur de la canne qui présentera une chlorose sous forte infestation.
Si aucune preuve de transmission de virus par les *Xiphinema*, *Trichodorus* et *Longidorus* n'a pu être fournie pour l'heure, la synergie parait plus vraisemblable (PRASAD, 1972) entre *Meloidogyne*, *Pratylenchus* et/ou *Helicotylenchus* et la microflore pathogène du sol (*Pythium arrhenomanes* et/ou *graminicola*, *Phytophthora megasperma*,...).
Enfin, signalons qu'un grand nombre de plantes adventices trés communément rencontrées dans les champs de canne peuvent héberger la plupart de ces nématodes : *Amaranthus spp.*, *Caladium bicolor*, *Cleome rutidosperma*, *Commelina elegans*, *Cyperus rotundus*, *Momordica charantia*, *Phyllanthus amarus*, *Rottboellia cochinchinensis*, *Setaria barbata*...

B - INFLUENCE DU TYPE DE SOL

Les oxisols du Nord Basse-Terre de la Guadeloupe (ferrallitiques, rouges et acides) sont comparés (tab. 1) aux vertisols de la Grande-Terre (calcaires, noirs et souvent basiques) en situations non remodelées et sous le même cultivar (B46364).

TABLEAU 1 : Paramètres de la nématofaune selon les sols. d : nombre d'individus totaux pour 100 g de sol et P % : proportion de phytophages. La compacité est évaluée de 1 (très faible) à 5 (très forte). Les compositions qualitatives sont semblables : *Helicotylenchus* et *Pratylenchus* dominent cette strate trophique.

Type de sol		d	P %	pH	Compacité
Oxisol		400	65	6,4	2,0
		500	50	4,5	1,5
		400	45	5,3	2,0
		500	50	5,0	2,0
	moyenne	450	50		1,8
Vertisol		200	35	7,1	1,5
		300	40	8,0	3,0
		280	35	6,8	4,0
	moyenne	260	37		2,8

La compacité est le facteur qui explique le mieux la réduction significative des peuplements nématologiques en vertisols. Le pH varie en oxisols sur deux unités (de 4,5 à 6,5) sans influencer la nématofaune en qualité ni en quantité. Ces observations se trouvent confirmées par un échantillonnage plus récent sur plusieurs variétés (1988; tab. 2 : chaque ligne porte la moyenne de 8 échantillons).

TABLEAU 2 : Composantes de la nématofaune en oxisols et en vertisols. P : population totale (100 g sol et 10 g racines) de phytophages. Prat : *Pratylenchus* ; Hel : *Helicotylenchus*. Autres paramètres : voir Tableau 1.

	dans le sol					dans racines	
Type de sol	d	P	P %	Prat	Hel	Prat	Hel
Oxisol	970	940	97	150	430	270	90
	1170	1020	87	50	300	630	40
	1770	1290	73	180	830	170	30
Vertisol	470	370	79	50	10	250	10
	830	770	93	50	30	690	0
	1080	680	63	100	300	230	10

Pour éliminer un éventuel effet lié à la variété, le cultivar B69566 du bassin cannier de Gardel (Grande-Terre, Guadeloupe) a pu être retrouvé dans la région de Grosse-Montagne (Nord Basse-Terre), et la tendance précédente se répète (tab. 3).

TABLEAU 3 - Réduction des populations de nématodes en vertisols relativement au oxisols sous la variété de canne à sucre B69566. % Prat : fréquence de *Pratylenchus* dans l'échantillonnage total.

	Sol					Racines		
Type de sol	**d**	**P**	**P %**	**Prat**	**Hel**	**Prat**	**Hel**	**% Prat**
Oxisol	1890	1690	89	80	1230	110	220	33
Vertisol	330	230	70	30	20	140	10	93

Les *Pratylenchus* (*zeae* et *coffeae*) paraissent moins sensibles aux facteurs physico-chimiques des sols : leur statut d'endoparasites purs les avantage probablement par rapport à *Helicotylenchus* (*erythrinae* et *dihystera*) dont le comportement parasitaire est mixte : endoparasite migrant, capable de quitter une racine pour en rechercher une autre plus fraîche en repassant par la phase sol. La compacité devient dés lors un facteur limitant net.

O'RELLY LEGON (1979) fit la même constatation à Cuba en comparant la nématofaune de la canne entre oxisol et vertisol, ce dernier type de sol favorisant nettement *Pratylenchus* (tab. 4).

TABLEAU 4 - Influence des vertisols sur la nématofaune phytophage des racines de canne à sucre.

Paramètres	**Oxisol**	**Vertisol**
Granulométrie : fraction < 0,01 mm	42-45	62-78
Helicotylenchus		
dihystera	++++	−
erythrinae	+++	+
Pratylenchus		
coffeae	−	+++
zeae	+	+++

Certaines espèces de ***Tylenchides*** préfèrent nettement les vertisols : *Helicotylenchus retusus* à Cuba (O'RELLY LEGON, 1979) ou *Paratrophurus n. sp.* et *Telotylenchus n. sp.* en Grande-Terre de Guadeloupe (SCOTTO LA MASSESE, comm.pers.).
En Martinique, la préférence de *Helicotylenchus* pour les sols légers, moins compactants, a pu s'observer en comparant les ponces récentes de la région de St Pierre à celle des sols brun rouille à halloysites de Ste Marie (tab. 5)

TABLEAU 5 - Préférence de *Helicotylenchus* pour les sols légers sous canne en Martinique. Moyennes de 8 échantillons.

Type de sol	**d**	**P %**	**Pratylenchus**	**Helicotylenchus**
Halloysites	500	64	130	20
Ponces	1200	33	80	300

C - INFLUENCE DU REMODELAGE

L'influence du remodelage sur la nématofaune n'a pu être approchée qu'en Basse-Terre (oxisols) sur trois couples de terrains remodelés-non remodelés. Le remodelage fait apparaître un horizon auparavant enterré plus ou moins profondément, aux propriétés physico-chimique peu favorables aux cultures. Des chutes de rendements spectaculaires sont classiquement observées aprés remodelage mal conduit (inversion des profils) et le tallage est fortement

touché en oxisol. La compacité est globalement augmentée et le bilan chimique est désastreux, avec un taux de matières organiques trés bas. Dans 80 p. cent des situations suivies, plus de 80 p. cent des racines se trouvent dans les premiers 25 cm et 50 p. cent dans les premiers 10 cm. Le remodelage, véritable catastrophe écologique à l'échelle des nématodes, agit sur cette microfaune par l'intermédiaire de l'enracinement et de la matière organique. Le genre *Helicotylenchus* paraît être un bon indicateur biologique par sa réponse nette au remodelage.
Les figures 1 et 2 soulignent l'effet d'un meilleur fonctionnement du système racinaire en sols non remodelé sur la nématofaune totale et phytophage. Au niveau spécifique, le remodelage des profils pédologiques entraîne une inversion nette de la dominance entre *Helicotylenchus* et *Pratylenchus*, ce dernier genre étant mieux installé sur toutes les strates de profondeur en sols intacts.

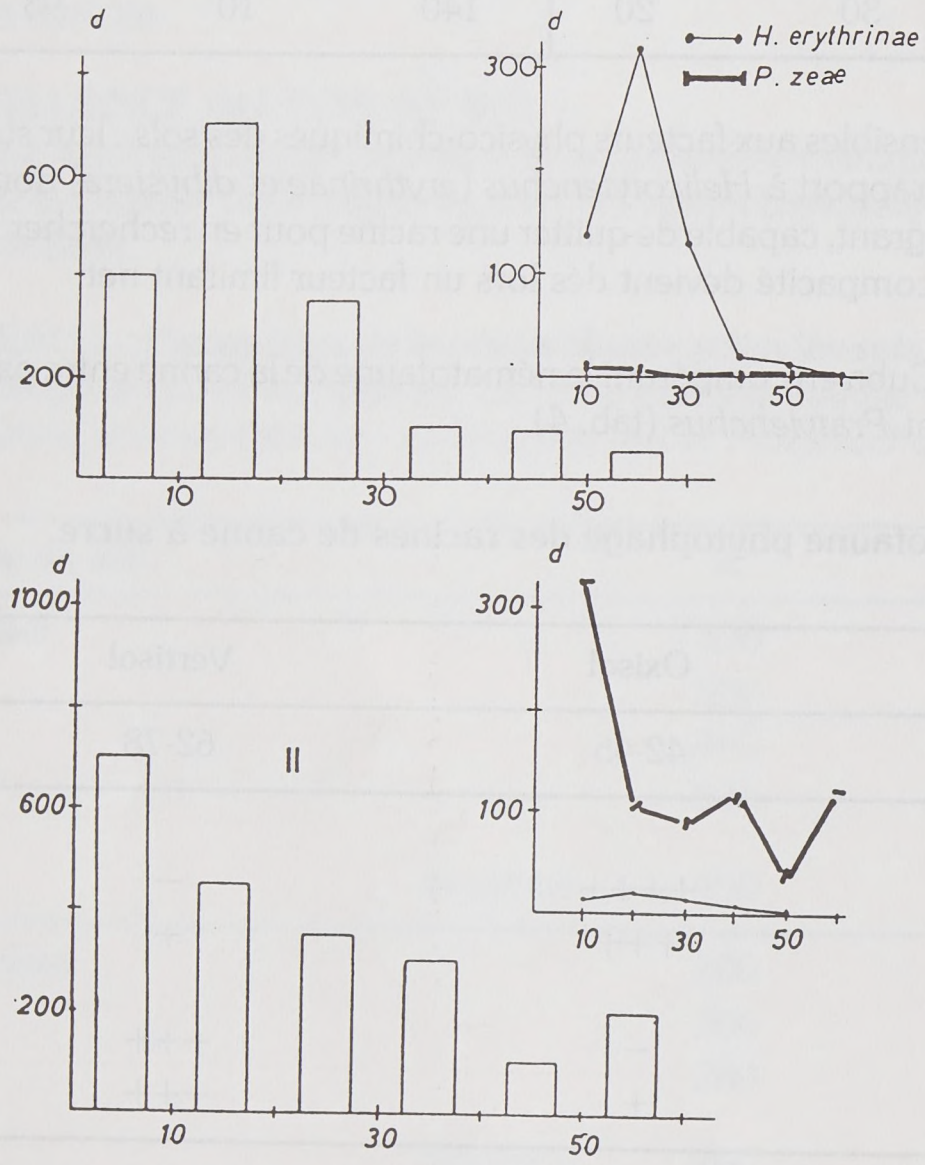


FIGURE 1 : Evolution de la densité totale de la nématofaune (en nombre d'individus pour 100 g de sol fin et frais) avec la profondeur (en cm) : I- situation remodelée (oxisol) ; II- situation non remodelée. En cartouche les densités comparées de *Helicotylenchus* et de *Pratylenchus*.

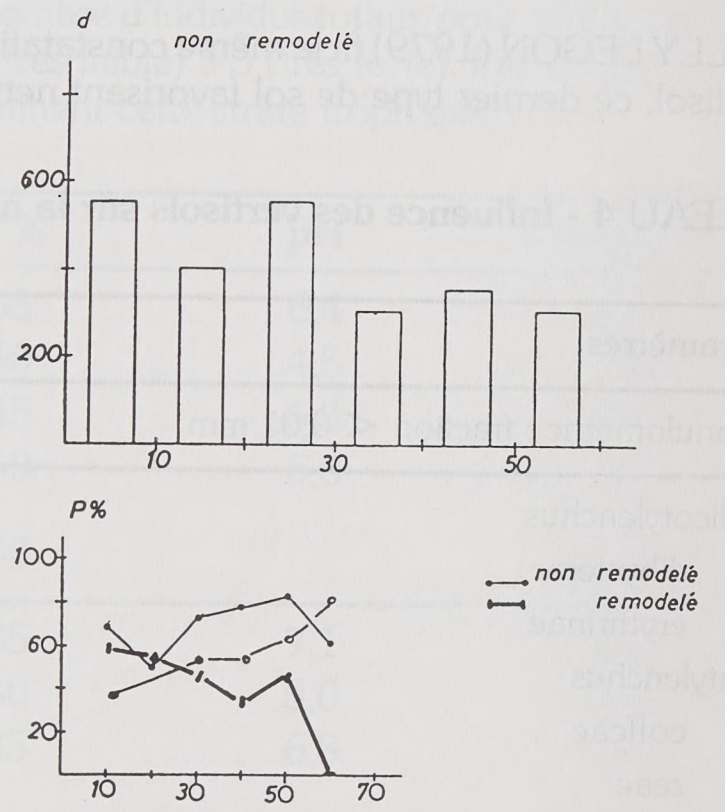


FIGURE 2 : Evolution de la nématofaune selon la profondeur en oxisol non remodelé. En cartouche, l'évolution du coefficient P % (taux de phytophages vrais dans le peuplement) en fonction des strates en situation remodelée et non remodelée.

D - DISTRIBUTION SELON LA PROFONDEUR

La répartition spatiale en profondeur de la nématofaune apparaît déja nettement dans le paragraphe précédent, avec un net effet du remodelage sur l'enracinement. La figure 2 représente une culture de canne en oxisol non remodelé; l'enracinement trés pénétrant (encore 20 p. cent des racines efficaces entre 25 et 50 cm) entraîne une répartition plus homogène de la nématofaune et même une augmentation avec la profondeur du taux de phytophages dans le peuplement.
Les vertisols, plus « courts », présentent une nématofaune plus superficielle (tab. 6) qu'en oxisol pour des situations semblables (terrains non remodelés et même variété : B46364).

TABLEAU 6 - Répartition de la nématofaune totale en fonction de la profondeur des sols et du taux de racines.

Profondeur :	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70
Oxisol	680	450	400	260	170	90	90
	520	400	500	320	350	260	0
% racines	←	80	→ ←	20	→		
Vertisol	500	440	150	130	0	0	0
	340	210	240	180	80	0	0
% racines	←	100	→				

E - INFLUENCE DU CLIMAT

La saison sèche, plus ou moins marquée, imprime un déficit en eau au niveau du sol qui se répercute sur la nématofaune. La structure des peuplements présente plus de risques phytosanitaires en période humide. A la période sèche, pour une même densité globale de la nématofaune, on observe une meilleure occupation du sol par les non-phytophages.

L'utilisation d'un coefficient synthétique, original et simple, descripteur du risque agronomique (KERMARREC & ANAIS, 1981), permet de souligner cette évolution. Ce « coefficient d'état », établi empiriquement, est : **E(P)= 0,01(50-P%)** et les valeurs négatives soulignent un risque agronomique éventuel (tab. 7).

TABLEAU 7 - Evolution des paramètres de population des nématodes sous canne avec le changement de saison en oxisol de Guadeloupe. P/S : rapport du nombre de phytophages *s.s.* à celui des saprophages *s.l.*. E(P) : coefficient empirique d'état sanitaire (voir texte).

Saison	sèche	humide	fin humide	début sèche
d	790	700	1000	670
P %	30	60	90	60
P/S	0,5	1,6	6,8	1,4
E(P)	+160	−70	−400	−70

F - INFLUENCE DE LA MONOCULTURE

Le tableau 8 présente les paramètres de structure de quelques peuplements nématologiques climaciques en Guadeloupe, décrite par un certain nombre de coefficients, aux fins de comparaison avec : une monoculture de canne, l'effet de son arrachage suivi d'une replantation, ainsi que l'effet d'un repos en friche non travaillée.

TABLEAU 8 - Evolution des paramètres de structure des peuplements nématologiques sous une canne vieillissante comparée aux stations climatiques de forêt humide d'altitude et aux savanes naturelles. Repl. : canne replantée.

	Forêt humide d'altitude			Savane naturelle	Canne âge en années					Friche après
Horizon :	0-6	10-30	30-60		1/2	1	5	15	Repl.	Canne
d	3480	540	570	1380	414	732	925	1083	1139	226
P %	13	73	83	54	70	74	98	39	89	48
P/S	0,2	3	5	1	2	4	40	1	8	1
E(P)	+1290	−120	−190	−55	−80	−180	−440	+120	−440	+4

Il apparaît clairement qu'aprés une aggravation progressive de la situation parasitaire en monoculture de canne, un climax est installé au bout de 15 ans. L'arrachage suivi de replantation immédiate est un bouleversement certain

de cet équilibre, et un retour à la situation atteinte au bout de 5 années de monoculture est observé. La friche n'élimine pas les parasites des graminées, elle permet au moins de rééquilibrer les peuplements en diversité (nombre de taxons) et équitabilité (abondance par taxon). La nématofaune d'une forêt substituée, en zone humide de montagne (plantée depuis 18 ans en *Swietenia macrophylla*) n'apparaît bien équilibrée qu'au niveau de l'horizon superficiel A, sous la litière Aoo, où dominent les mycophages du genre *Tylenchus s.l.* Dans les horizons sous-jacents, ces saprophages (au sens large) disparaissent totalement, car strictement liés à la décomposition de la litière, et sont remplacés par des phytophages vrais au niveau des racines fonctionnelles. D'abord on rencontre un *Helicotylenchus* (10-30cm), puis, en profondeur (30-60cm), son vicariant *Paratylenchus*.

G - INFLUENCE DE LA VARIETE

Peu de résultats permettent d'affirmer l'existence d'une résistance ou d'une tolérance génétique aux nématodes dans nos conditions. Le tableau 9 permet de comparer les moyennes de 10 analyses pour trois variétés de canne placées dans les mêmes conditions de pédoclimat.

TABLEAU 9 - Réponses variétales à l'installation des nématodes dans les racines de canne : qualité d'hôte médiocre de la variété PR1048.

Variété	B47258	B5992	PR1048
d	950	640	390
S	450	210	180
P	540	430	210
P %	57	67	54
E(P)	−67	−109	−16
ectoparasites :			
H. erythrinae	400 (800)	400 (1700)	200 (300)
endoparasites :			
P. zeae	30 (110)	+ (20)	+ (10)
M. incognita	490 (1600)	10 (50)	+ (10)

H - INFLUENCE DU BRULAGE

Certaines variétés de canne poussent encore l'agriculteur en brûler les fanes avant de pénétrer le champ pour la coupe. Cette pratique n'est pas sans effet pédobiologique, comme le montrent les tableaux 10 et 11.
La modification des paramètres pédologiques a un impact direct sur la nématofaune sous-jacente qui s'avère être, à nouveau, un excellent indicateur de perturbations écologique (tab. 11).
La densité totale du peuplement n'est pas influencée mais la répartition des helminthes par strates trophiques (P%, P/S) est significativement déformée en faveur des phytophages (augmentation du nombre de taxons, poussée de *Pratylenchus* et réduction simultanée des saprophages). Cette perturbation, négative au plan phytosanitaire, semble essentiellement liée au manque à gagner dramatique en matière organique. Enfin, au vu du saut d'une unité pH vers l'acidification aprés brûlage, soulignons que l'interaction toxicité aluminique-nématodes-plante hote n'est pas étudiée à ce jour et mériterait une recherche spécifique.

TABLEAU 10 - Détérioration des paramètres physico-chimiques du sol (10-25 cm) par le brûlage de la canne (parcelles d'oxisol jointives à Grosse-Montagne, Nord Basse-Terre, 1988).

	Canne brûlée (b)	Canne non brûlée (nb)	Pertes points	(b-nb) % nb
Humidité (p.mille)	41	49	−8	−16
Carbone (p.mille)	19	54	−35	−65
Matière organique	33	93	−60	−65
Azote	1,6	4,2	−2,6	−62
C/N	12	13	−1	− 8
pH Eau	4,8	5,9	−1,1	
KCl	4,3	5,4	−1,1	
Capacité d'échange	12,5	19,1	−6,6	−35
lons échangeables :				
Ca	3,3	10,0	−6,7	−67
Mg	1,7	4,3	−2,6	−60
K	0,4	2,9	−2,5	−86
Na	0,09	0,12	−0,03	−25
Al	0,3	0,2	+0,1	+50

TABLEAU 11 - Impact du brûlage de la canne sur la structure du peuplement nématologique en oxisol (Nord Basse-Terre, Guadeloupe). Moyennes sur 8 échantillons par station.

	Canne brûlée	Canne non brûlée
a) Au niveau du sol (100 g sol) :		
d	1500	1490
P %	93	53
P/S	14	1
E(P)	−645	−45
Pratylenchus zeae	800	120
Helicotylenchus dihystera	400	600
Xiphinema americanum	100	0
b) Endoparasites racinaires (10 g tissus) :		
Pratylenchus zeae	50	10
Helicotylenchus dihystera	50	60

CONCLUSION

La nématofaune phytophage de la rhizosphère de la canne à sucre présente, aux Antilles françaises, une composition trés semblable à celle signalée ailleurs.

Les principaux intervenants restent néanmoins limités à moins de cinq espèces, parmi lesquelles il faut retenir : *Pratylenchus zeae*, *Helicotylenchus dihystera* et *H. erythrinae*. Dans nos contextes pédologiques, les *Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, *Xiphinema* et *Longidorus* paraissent accessoires. D'autant plus que la vection de viroses végétales par ces derniers genres et par *Trichodorus* n'a jamais été démontrée dans nos pédoclimats.

Lorsque l'on sait que l'impact principal de ces parasites est localisé dans le temps au moment du tallage (CADET, 1987), seuls des essais de traitements nématicides permettent de mesurer l'impact éventuel des nématodes sur la

productivité de la canne en sols argileux. Ces expérimentations ont été menées dans la situation la plus contraignante au plan parasitaire : en oxisol du Nord Basse-Terre, en terrain occupé de longue date par cette spéculation.

II - ESSAIS DE TRAITEMENTS NEMATICIDES SUR CANNE A SUCRE

CADET & MERNY (1978) montrent qu'un traitement nématicide peut amener une augmentation de récolte de 33 à 68% avec ou sans réduction de la densité finale en nématodes. En effet, certains nématicides ont des effets secondaires (fongicides, phytostimulants ou autres), souvent observés (par exemple, CADET,1985a, pour le bromure de méthyle).

CADET *et al.* (1982) montrent également que l'action néfaste des nématodes se situe essentiellement au moment du tallage, sur les racines de bouture, ainsi que sur les racines primaires et secondaires de tiges. La période sensible se limite donc aux quelques semaines d'installation des nouveaux systèmes racinaires. CADET (1985b) confirme que seul le traitement nématicide à la plantation est efficace et que le contrôle des nématodes en repousse n'amène aucune amélioration.

Un essai bloc de comparaison de quatre matières actives (dazomet, éthoprophos, phénamiphos et aldicarbe) a été mis en place dans le Nord Basse-Terre (Jarry) en oxisol lourd.

A - MATERIEL ET METHODES

Le dispositif expérimental (bloc de 5 traitements en 4 répétitions casualisées) comprend 20 parcelles de 60m2 (4 rangs de 12m de canne B64277) sur un oxisol occupé par de la canne depuis plus de 10 ans, lourd et compact, avec charge de matières organiques grossières en surface (coupe précédente non brûlée).

Doses : dazomet (en préplantation : −21 jours) à 75g/m2; aldicarbe, éthoprophos et phénamophos à 10g/m linéaire à 3 dates (plantation + 15 jours; + 3,5 mois et + 7,5 mois)

Un essai de phytotoxicité a été mis en place en préalable avec plantation dés le 15ème jour aprés dazomet et double dose pour les autres matières actives. Levées (sur 50 boutures à 2 yeux par rang) et croissances initiales (feuille la plus longue sur 50 plants à 30 jours) ont été évaluées.

Les populations de nématodes sont suivies au cours de la culture et les paramètres biologiques et phénologiques suivants sont évalués : effet sur le foreur de la canne (*Diatraea saccharalis*); effet sur le tallage; nombre de cannes par touffe; diamètre des tiges; nombre d'entre-noeuds; répartition de la biomasse entre tiges et feuilles; poids de canne /ha et rendements en sucre.

B - RESULTATS

1 - Phytotoxicité

Les gains de levée et de croissance par rapport au témoin sont portés au tableau 12.

TABLEAU 12 - Gains de levée et de croissance dans les traitements nématicides à simple et double doses.
Daz (= dazomet) 15 et 21 : délais, en jours, avant plantation ; Ald : aldicarbe ; Eth : éthoprophos ; Pro : prophénophos (10 et 20 : doses en g/m linéaire).

Traitement (TR)	Daz15	Ald20	Ald20	Eth20	Eth10	Pro20	Pro10	Daz21
Gain de levée (Tr-Té)/100-Té	−67	35	26	23	21	18	10	5
Croissance (id)	−	70	38	59	27	19	−8	40

Les nématicides ont des effets secondaires non négligeables et rarement pris en compte dans les expérimentations classiques : toxicité ou phytostimulation sont évidents et suivent parfaitement les doses appliquées. Le danger d'une réduction du délai d'aération du sol avant plantation est clairement souligné aprés application de dazomet.

2 - Effets nématicides

Le tableau 13 présente l'ensemble des analyses nématologiques sol et racines) synthétisées sous forme de paramètres (voir Chapitre I) en fonction du temps écoulé depuis la plantation (Pl + x jours). Les endoparasites sont essentiellement des *Pratylenchus zeae*. Les chiffres sont les moyennes de 48 analyses (première ligne) ou de 12 analyses (lignes suivantes). Les analyses nématologiques sont effectuées 10 à 15 jours aprés les applications de nématicides.

TABLEAU 13 - Evolution des paramètres de population (sol et racines) selon les traitements nématicides.
Pl : date de plantation. Signification des paramètres à Chapitre I. d,S,P : en nombre d'individus pour 100 g de sol fin et frais. Endoparasites : en nombre d'individus pour 100 g de tissus frais.

Paramètres	d	S	P	P%	P/S	E(P)	Endoparasites
Pl + 12 j et avant traitement	300	130	170	57	1,3	−21	...
Traité Dazomet	280	150	130	46	0,9	+11	...
Pl + 1,5 mois							
Témoin	170	60	110	65	1,8	−26	95
Dazomet	120	50	70	58	1,4	−10	30
Aldicarbe	100	40	60	60	1,5	−10	35
Prophénophos	290	130	160	55	1,2	−15	95
Ethoprophos	100	40	60	60	1,5	−10	30
Pl + 3,5 mois							
Témoin	290	160	130	45	0,8	+15	15
Dazomet	230	140	90	39	0,6	+25	10
Aldicarbe	90	50	40	44	0,8	+ 5	5
Prophénophos	110	70	40	36	0,6	+15	5
Ethoprophos	140	90	50	36	0,6	+20	5
Pl + 7,5 mois							
Témoin	240	110	130	54	1,2	−10	30
Dazomet	210	90	20	10	0,2	+84	25
Aldicarbe	40	10	30	75	3,0	−10	+
Prophénophos	40	30	10	25	0,3	+10	+
Ethoprophos	40	40	+	.	.	.	+

3 - Effets secondaires des traitements nématicides

3.1. Action sur le foreur de la tige

Sur 100 cannes inspectées par parcelle élémentaire, aucune différence n'est acceptable au seuil de 5 p. cent entre les traitements. L'action systémique de certains des nématicides utilisés est sans effet sur les chenilles de *Diatraea saccharalis*.

3.2. Induction de tallage

Sur la base d'un dénombrement effectué sur 11 dates entre Pl+2 mois et Pl+5 mois sur 2 fois 10 m linéaires dans chaque parcelle élémentaire, il ressort que seul le Dazomet appliqué en préplantation favorise nettement (P0,05) le tallage. La comparaison multiple de TUCKEY donne le résultat suivant :

(−)	Témoin	Aldicarbe	Ethoprophos	Prophénophos	Dazomet	(+)
	a	ab	bc	c	d	

3.3. Nombre de cannes par touffe
Un dénombrement effectué en fin de culture, sur 20 touffes par parcelle élémentaire, ne dégage plus de différence significative dans le classement suivant entre traitements : Aldicarbe : 10; Prophénophos : 7,5; Témoin : 7,0; Dazomet : 7,0; Ethoprophos : 6,8.

3.4. Diamètre des tiges
Le diamètre des tiges mesuré à 50 cm du sol sur 200 tiges par traitement n'est pas significativement différent (P 0,05) entre blocs.

3.5. Nombre d'entre-noeuds
Le témoin n'est pas différent de l'aldicarbe et du prophénophos (classe modale : 18,5). Une légère, mais non significative tendance à la baisse apparaît pour l'éthoprophos (cl. modale : 17,5). Le dazomet semble réduire notablement ce paramètre (cl. modale : 15,5).Cette constatation peut être liée à une phytotoxocité faible et résiduelle.

3.6. Répartition pondérale tiges/feuilles
La distribution de la biomasse selon les organes aériens de la plante n'est affectée que par le traitement au prophénophos; le compartiment tige est favorisé (P 0,05) par rapport à celui des feuilles.

3.7. Poids moyen de la canne
Seul le traitement au prophénophos détermine un poids moyen de canne supérieur au témoin (P 0,05). Toutefois, ni le poids industriel de canne à l'hectare, ni le rendement en sucre ne sont nettement affectés par les traitements nématicides. La première différence significative est atteinte par le prophénophos à P 0,08.

C - DISCUSSION ET CONCLUSION

L'essai de quatre matières actives nématicides aux modes d'action variés (fumigant de préplantation, contact et systémiques) n'a pas amélioré le rendement de la culture en dépit d'effets nématicides apparents. Le type de sol retenu, lourd, compactant, peu apte à la diffusion des matières actives et chargé, en surface, par des matières organiques résiduelles (adsoptions) peut expliquer ce résultat négatif. Le contexte est diamétralement opposé à celui des sols sableux utilisés dans les essais décrits par ailleurs dans le monde. D'autres matières actives (comme les fumigants bromés) devront encore être expérimentées avant de conclure définitivement à l'inutilité de l'intrant nématicide dans la trajectoire technique de cette production. Même si les nématodes parasites restent une réalité à ne pas négliger dans toutes les situations, il nous paraît assez évident que dans les contextes les plus courants, les nématodes ne sont pas directement à l'origine des baisses de rendements observés ces dernières décennies dans nos iles. Des situations particulières de surfatigue du sol consécutives à un régime de monoculture épuisante, couplée à des processus synergiques avec la microflore pathogène du système racinaire (champignons du sol, en particulier) mériteraient toute l'attention des agronomes et l'émission de conseils de conduite plus rationnelle de la culture.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Centre Technique Interprofessionnel de la Canne et du Sucre de la Guadeloupe pour la mise en place des cultures et le suivi industriel des résultats des traitements nématicides ; au CRAAG, la Station d'Agronomie (1975, Y.DUMAS) et la Station Agropédoclimatique de la Caraïbe (1988, Y.-M. CABIDOCHE) pour les données pédologiques; LUC M. (ORSTOM), SCOTTO LA MASSESE C. et ESMENJAUD D. (INRA) pour les déterminations spécifiques; GERMANI G. (ORSTOM) pour les informations concernant la Martinique.

REFERENCES

BRATHWAITE C.A.D., 1975 - Occurence of plant parasitic nematodes on sugarcane in Barbados. *Nematropica*, 5 (2), 19 (abstr.).

CADET P., 1985a - Incidence d'un traitement au bromure de méthyle sur la production de la canne à sucre au Burkina-Faso. *Rev. Nématol.*, 8 (2), 182-184.

CADET P., 1985b - Incidence des nématodes sur les repousses de canne à sucre au Burkina-Faso et en Côte d'Ivoire. *Rev. Nématol.*, 8 (3), 277-284.

CADET P. & MERNY G., 1978 - Premiers essais de traitements chimiques contre les nématodes parasites de la canne à sucre en Haute-Volta. *Rev. Nématol.*, 1 (1), 53-62.

CADET P., QUENERVE P. & MERNY G., 1982 - Pathogenic action of nematodes on irrigated sugar-cane. *Rev. Nématol.*, 5 (2), 205-209.

COOK M.T., 1925 - Enfermedades de la raiz de la caña de azucar. *Rev. Agric. Porto-Rico*, 14, 194-195.

DIXON W.B., 1962 - *Nematological investigations 1958-61.* Min. of Agr. & Lands Jamaica Bull., 59, 1-25.

GERMANI G., 1983 - *Les nématodes associés aux plantes cultivées en Martinique et en Guyane (Etude préliminaire).* Rapport interne ORSTOM, 30 p., 2 planches.

KERMARREC A. & SCOTTO LA MASSESE C., 1972 - New contributions to the study of the nematode fauna in the French West Indies. *Nematropica*, 2 (2), 41-43.

KERMARREC A. & ANAIS A., 1981 - Aspects structurels et dynamiques des nématofaunes des forêts littorales inondées de Guadeloupe. *In : Etude de la mangrove et de sa zone côtière en Guadeloupe.* DGRST : Travaux de l'INRA, 218 p. (KERMARREC éd.) : 71-84.

MATZ J., 1925 - Root-knot on sugar-cane in Porto-Rico. *Phytopathology*, 15, 59-563.

O'RELLY LEGON J.P., 1979 - *Analisis ecotaxonomico de los nematodos de la caña de azucar* Saccharum sp. *(Hibrido) en Cuba.* Tesis. La Habana, Acad.Sci. de Cuba. 163 p.

PINEDA F., 1957 - Nematodos parasitos de la caña de azucar de Cuba. *Mem. Asoc. Tec. Azucar.* Cuba, 31, 9-15.

PINEDA F., 1958 - Nematodos parasitos de la caña de azucar de Cuba. *Mem. Asoc. Tec. Azucar.* Cuba, 32, 15-20.

PRASAD S.K., 1972 - Nematode diseases of sugar-cane. *In : Economic Nematology* (WEBSTER J.M. ed.), Chap 7, 144-158.

RAMIREZ C.T., 1964 - *Hoplolaimus portoricensis n. sp.* (Nematoda, Hoplolaimidae). *J. Agric. Univ. P. R.*, 48, 127-130.

ROMAN J., 1961 - Pathogenicity of five isolates of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) to sugar-cane roots. *J. Agric. Univ. P. R.*, 45, 55-84.

ROMAN J., 1965 - *Nematodes of Porto-Rico; the genus* Helicotylenchus *Steiner, 1945 (Nematoda, Hoplolaimidae).* Tech. Pap. Univ. P. R. Agric. Exp. Sta., 41, 23 p.

ROMAN J., 1968 - Nematode problems of sugar-cane in Porto-Rico. *In : Tropical Nematology* (SMART G.C. & PERRY V.G. ed.). Center Trop. Agric. Publ., 61-67.

ROMAN R. & GRULLON L., 1974 - Estudio preliminar sobre los nematodos asociados con la caña de azucar en la Republica Dominicana. *Nematropica*, 4 (2), 18 (abstr.).

TREUB M., 1885 - Onderzoekingen over Sereh-ziek suikerriet gedaan in's lands plantentuin te Buitenzorg. *Meded. Pltuin*, Batavia, 2, 1-39.

WILLIAMS J.R., 1969 - Nematodes as pests of sugar-cane. *In : Pests of sugar-cane* (WILLIAMS J.R. *et al.* ed.), Elsevier, Amsterdam, 503-530.

WINCHESTER J.A., 1969 - Sugar-cane nematode control. *In : Nematodes of tropical crops* (PEACHEY J.E. ed). Tech. Commun. Commonw. Bur. Helminth., 40, 204-209.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 58-63, 1989.

LES NEMATODES ASSOCIES A LA CANNE A SUCRE A LA MARTINIQUE - ETUDE PRELIMINAIRE

CADET P.

Laboratoire de nématologie, ORSTOM/ Service de la Protection des Végétaux, BP 81, F97256 Fort-de-France Cedex, Martinique

RESUME

Les stuctures spécifiques des peuplements de nématodes parasites de la canne à sucre de Martinique, Guadeloupe et Barbade, ont été comparées à celles des pays tropicaux africains où ces parasites occasionnent des dégats importants. Deux régions cannières de Martinique sont susceptibles de souffrir de la présence des nématodes : la région du Galion et celle de Saint-Pierre. Dans le premier cas, un peuplement dominé par les ectoparasites *Xiphinema* et *Paratrichodorus* pourrait perturber l'élongation des tiges en repousse. Dans le second cas, l'abondance d'endoparasites dans les racines de bouture laisse présager une diminution du nombre de tiges, au moins en canne de plantation. Contrairement à la situation africaine, *Hemicriconemoides* et *Criconemella* occupent généralement une place importante dans les peuplements de nématodes caribéens.

Mots clefs additionnels : *Zone tropicale Antilles* Xiphinema Paratrichodorus Hemicriconemoides Criconemella

SUMMARY

Nematodes associated with sugarcane in Martinique. A preliminary study.

The specific structures of sugarcane parasitic nematode communities of Martinique, Guadeloupe and Barbados have been compared to those of african tropical countries where these nematodes are heavily injurious to the plant. Two sugar areas of Martinique are susceptible to suffer from the presence of nematodes : the Galion area and the Saint-Pierre area. In the first place, a community dominated by the ectoparasites Xiphinema *and* Paratrichodorus *could be able to reduce stalk elongation. In the second place, the presence of numerous endoparasites in the sett roots could reduce the number of stalks, at least in plant cane. In opposition with the african situation,* Hemicriconemoides *and* Criconemella *represent generally an important proportion of the caribbean sugarcane nematode communities.*

Additional keywords *:* Tropics Caribbean *Xiphinema Paratrichodorus Hemicriconemoides Criconemella*

I - INTRODUCTION

Des centaines d'espèces de nématodes phytoparasites se nourrissent et se reproduisent aux dépends de la canne à sucre (DICK & SPAULL, 1982 ; WINCHESTER, 1969); une poignée de sol prélevée dans la rhizosphère de cette plante contient généralement plus d'une demi-douzaine d'espèces. Ce n'est donc pas la canne qui détermine la composition spécifique du peuplement nématologique, mais les conditions pédo-climatiques qui sévissent à l'endroit étudié.

Ces nématodes occasionnent des dégâts dont l'importance varie selon le type de sol. Dans les sols sableux (moins de 6% d'argile) ils peuvent atteindre 50 à 80 % de la récolte (CADET & MERNY, 1978); sur les sols plus riches en argile, ils ne dépassent pas 10 à 30% de la récolte (CADET *et al.*, 1987). L'origine de ces dégâts varie selon l'âge de la plante et la composition du peuplement nématologique : en canne de plantation, ce sont les endoparasites qui sont les plus dangereux (CADET & SPAULL, 1985), alors qu'en repousse ce sont les ectoparasites que l'on soupçonne d'être les plus pathogènes (SPAULL & CADET, sous presse).

L'évaluation du risque posé par les nématodes dans une région passe donc par l'estimation des proportions des différentes espèces au sein du peuplement. Cependant, la présence d'une configuration spécifique dangereuse ne provoque pas toujours des baisses de rendements importantes. Ce processus résulte « d'interactions » entre les parasites et la physiologie particulière de cette graminée (SPAULL & CADET, sous presse). Autrement dit, les circonstances culturales et climatiques qui influencent localement le comportement d'une variété de canne sont susceptibles d'aggraver ou de compenser les dégâts potentiels.

II - MATERIEL ET METHODES

La plupart des résultats sur les peuplements nématologiques des cannes de repousse proviennent d'échantillons collectés sur les différentes stations d'observation sélectionnées dans le cadre d'un programme d'étude de la productivité de l'agro-système cannier conduit par le Centre Technique de la Canne à Sucre (CTCS) à la Martinique. Ces stations sont représentatives des principales zones pédo-climatiques de culture de l'île.Les échantillons de sol et de racines sont prélevés entre 5 et 15 centimètres de profondeur sous la souche, avec une périodicité variable, le plus souvent mensuelle. Compte tenu de l'étalement des dates de coupe, les cannes ont été échantillonnées 4 à 7

fois selon les stations. Les nématodes sont extraits du sol et des racines par les méthodes de SEINHORST (1950, 1962). Leur nombre est rapporté au dm3 de sol ou au gramme de racine.Les proportions des différentes espèces sont évaluées à partir de la moyenne du nombre total d'individus obtenus pour l'ensemble des prélèvements sur la station. Elles sont exprimées en pourcentage de la population totale moyenne d'ectoparasites pour les espèces ou groupe d'espèces suivants :

- *Xiphinema* et *Paratrichodorus*,
- *Criconemella* et *Hemicriconemoides*
- *Helicotylenchus*,
- Divers (essentiellement représenté par *Tylenchorhynchus*).

Les densités moyennes d'endoparasites dans les racines des cannes de repousse ont été calculées de la même manière. Quelques informations très succinctes ont été recueillies sur l'infestation endoparasitaire des racines de bouture en canne de plantation sur deux types de sol :

- St Pierre, sol sur ponces peu argileux.
- Lamentin (CTCS), alluvions d'origine ferrallitique très argileuses.

Deux mois environ après la plantation, des boutures complètes sont déterrées avec précaution. Au laboratoire, les racines de bouture situées autour des noeuds sont collectées indépendamment des racines de tige fixées sur les jeunes tiges primaires issues du bourgeon. Les nématodes en sont extraits séparément.
Les mêmes indices ont été calculés avec des résultats faunistiques obtenus à la suite d'une enquête effectuée sur les cannes de plantation et de repousse du périmètre sucrier de Gardel (Guadeloupe).

III - RESULTATS

1 - Canne de repousse

1.1. Peuplement ectoparasite

Les proportions des différents genres ou groupes de genres ectoparasites sont relativement homogènes pour les stations appartenant à une même région, à l'exception des parcelles Fond Marcé à Rivière Pilote et Lavison II à Trois Rivières (Tab.1). Les configurations moyennes calculées à partir de ces résultats peuvent être considérées comme représentatives de chaque zone de culture (Fig. 1). Ces zones se répartissent en trois groupes :

- Le groupe Saint Pierre - Rivière Pilote, caractérisé par une proportion importante d'*Helicotylenchus*.
- Le Galion,caractérisé par une proportion importante de *Xiphinema* et *Paratrichodorus*.
- Trois Rivières, caractérisé par des proportions sensiblement équivalentes de *Xiphinema* - *Paratrichodorus* et d'*Helicotylenchus*, ainsi que par la présence d'une proportion notable de *Tylenchorhynchus*.

Les stations de Gardel (Guadeloupe) et de la Barbade sont également tout à fait originales par rapport à celles de Martinique :

- Barbade (BRATHWAITE, 1976) se rapproche de Trois Rivières, mais avec une proportion plus grande de *Criconemella* et *Hemicriconemoides*.
- Gardel se caractérise par un peuplement composé presque exclusivement par *Helicotylenchus*.

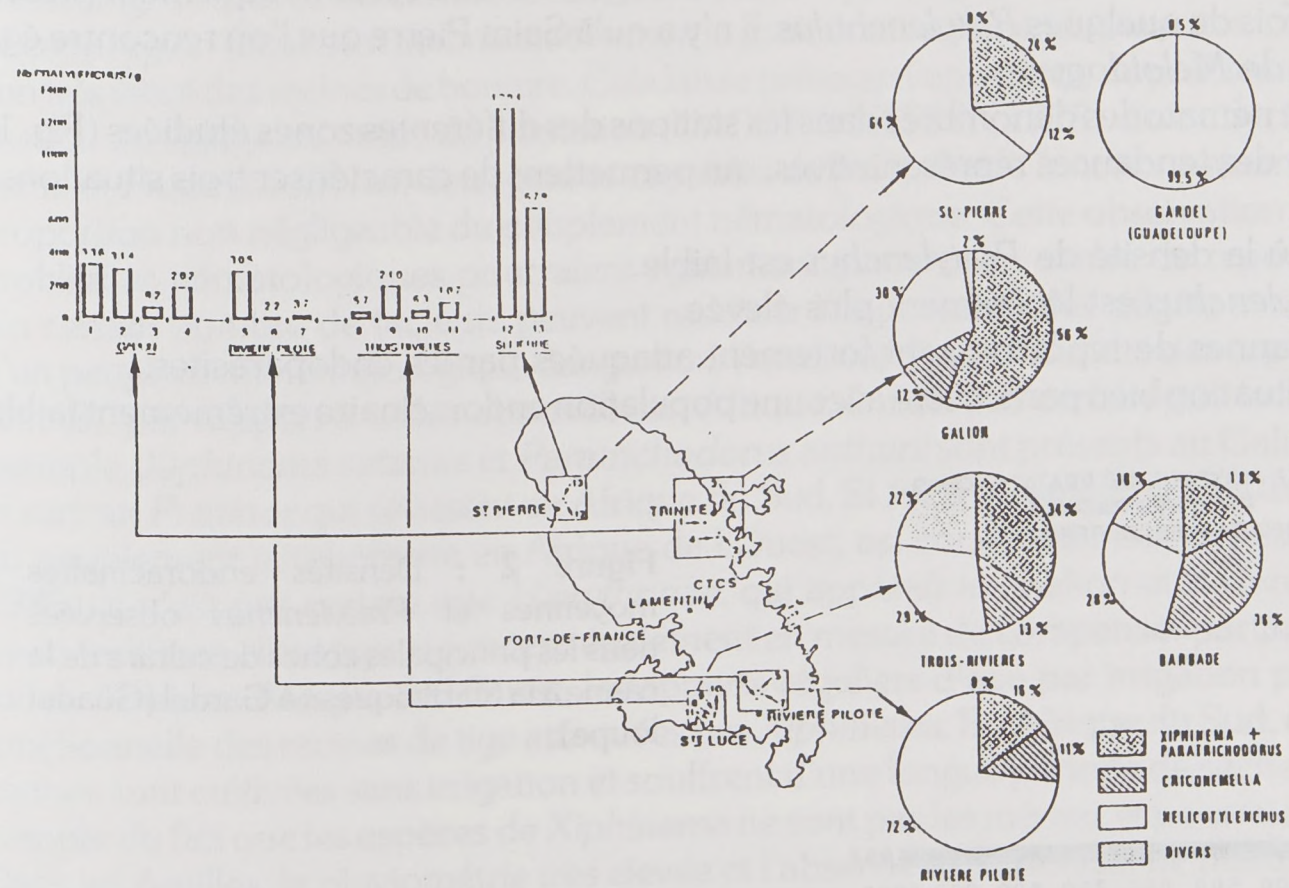


Figure 1 : Structures spécifiques des peuplements de nématodes ectoparasites observés dans les principales zones de culture de la canne de Martinique, de Gardel (Guadeloupe) et de Barbade (Braithwaite, 1976) ; et densités endoracinaires de *Pratylenchus* dans les différentes stations d'observations, à la Martinique.

TABLEAU 1 - Pourcentage des principaux genres ectoparasites au sein des peuplements observés dans les différentes stations réparties dans les principales zones de culture de l'île.

	XIPHINEMA + PARATRICHODORUS	CRICONEMELLA	HELICOTYLENCHUS	DIVERS
ST-PIERRE				
PERINELLE A-B	32	18	50	0
PERINELLE C-D	16	6	78	0
GALION				
HAUTE-TERRE	60	16	24	0
BARRIERE AB	77	15	8	0
ACAJOU	42	13	42	3
BELLEVUE	46	2	47	5
RIVIERE-PILOTE				
TROU	28	0	72	0
FOND MARCE	2	14	84	0
GERMOND	18	21	61	0
TROIS-RIVIERES				
MOUBIN	35	6	24	35
PARC MULET 2	36	1	44	19
PARC MULET 1	40	0	26	34
LAVISON II	26	48	25	1
GARDEL (Gpe)	0	0,5	99,5	0
BARBADE	18	36	28	18

1.2. Peuplement endoparasite

Quelle que soit l'origine des cannes de repousse, *Pratylenchus* est le seul genre à être systématiquement présent dans les racines, accompagné parfois de quelques *Rotylenchulus*. Il n'y a qu'à Saint Pierre que l'on rencontre également de très fortes populations de *Meloidogyne*.

Malgré la variabilité des densités de nématodes dénombrés dans les stations des différentes zones étudiées (Fig. 1), les valeurs moyennes font ressortir des tendances représentatives, qui permettent de caractériser trois situations à la Martinique (Fig. 2) :

- Trois Rivières et Rivère Pilote, où la densité de *Pratylenchus* est faible.
- Le Galion où la densité de *Pratylenchus* est légérement plus élevée.
- Saint Pierre où les racines des cannes de repousse sont fortement attaquées par les endoparasites.

Gardel représente à nouveau une situation bien particulière avec une population endoracinaire extrêmement faible.

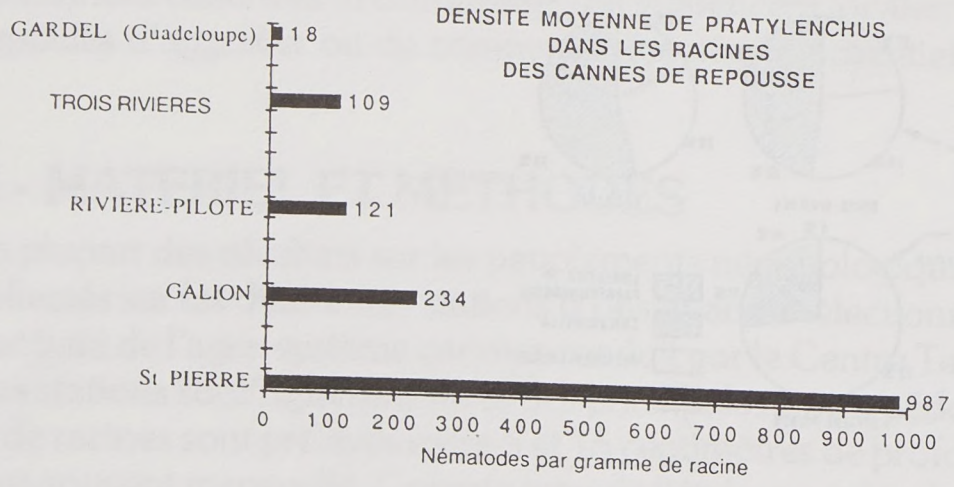


Figure 2 : Densités endoracinaires moyennes et *Pratylenchus* observées dans les principales zones de culture de la canne à la Martinique et à Gardel (Guadeloupe).

2 - Canne de plantation

Les résultats proviennent d'enquêtes effectuées sur deux sites martiniquais très contrastés au plan pédologique (Fig. 3) :

A Saint Pierre, deux mois après la plantation, les racines de bouture sont fortement infestées par trois genres endoparasites : *Pratylenchus*, *Hoplolaimus* et *Meloidogyne*. A l'inverse, sur la station du CTCS au Lamentin, les racines de bouture ne sont pratiquement pas attaquées par des *Pratylenchus*, mais infestées par *Rotylenchulus*, un semi-endoparasite.

A Gardel, les racines de bouture sont faiblement infestées par *Pratylenchus*.

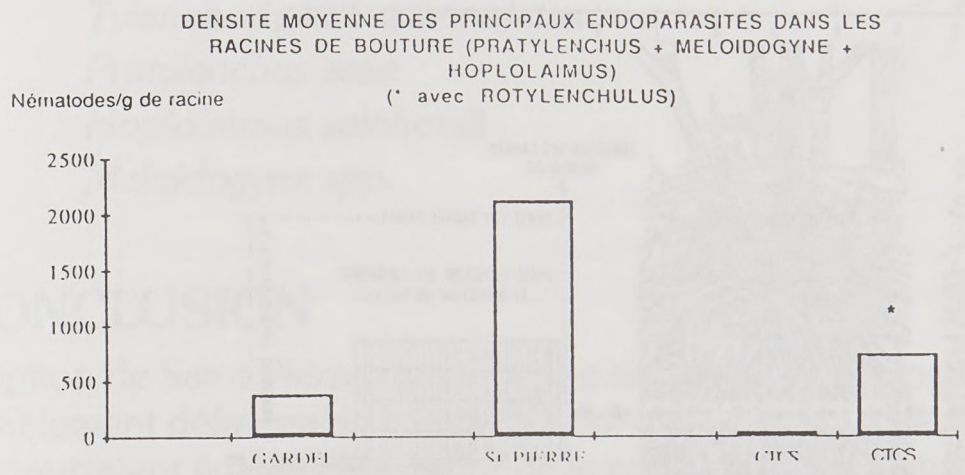


Figure 3 : Densités relatives d'endoparasites (*Pratylenchus, Meloidogyne* et *Hoplolaimus*) observées dans les racines de bouture des cannes de plantation à la Martinique et à Gardel (Guadeloupe).

IV - DISCUSSION

Les résultats exposés précédemment seront discutés par rapport à des situations bien connues dans d'autres régions du monde, résumées schématiquement par la figure 4.

En s'appuyant uniquement sur les proportions des différents genres, on fait les constations suivantes :

- A Gardel, la prédominance d'*Helicotylenchus* rend la situation comparable à celle observée en Afrique de l'Ouest (Fig. 4A), où il n'y a pas de dégâts en repousse (CADET, 1985).
- Au Galion, la situation se rapproche de celle observée en Afrique du Sud, avec une proportion relativement importante de *Xiphinema* et *Paratrichodorus* (Fig. 4A). Ces genres, qui sont susceptibles de perturber l'alimentation hydrique des cannes, seraient responsables des réductions de longueur observées dans ce pays (CADET et SPAULL, 1985). Cette éventualité pourrait exister dans cette zone.
- A la Martinique (et à Barbade), *Criconemella* et *Hemicriconemoides* sont relativement abondants. L'importance de ces genres au sein du peuplement ectoparasite est approximativement équivalente dans toutes les zones de culture de l'île. Leur incidence sur la canne n'est pas connue.

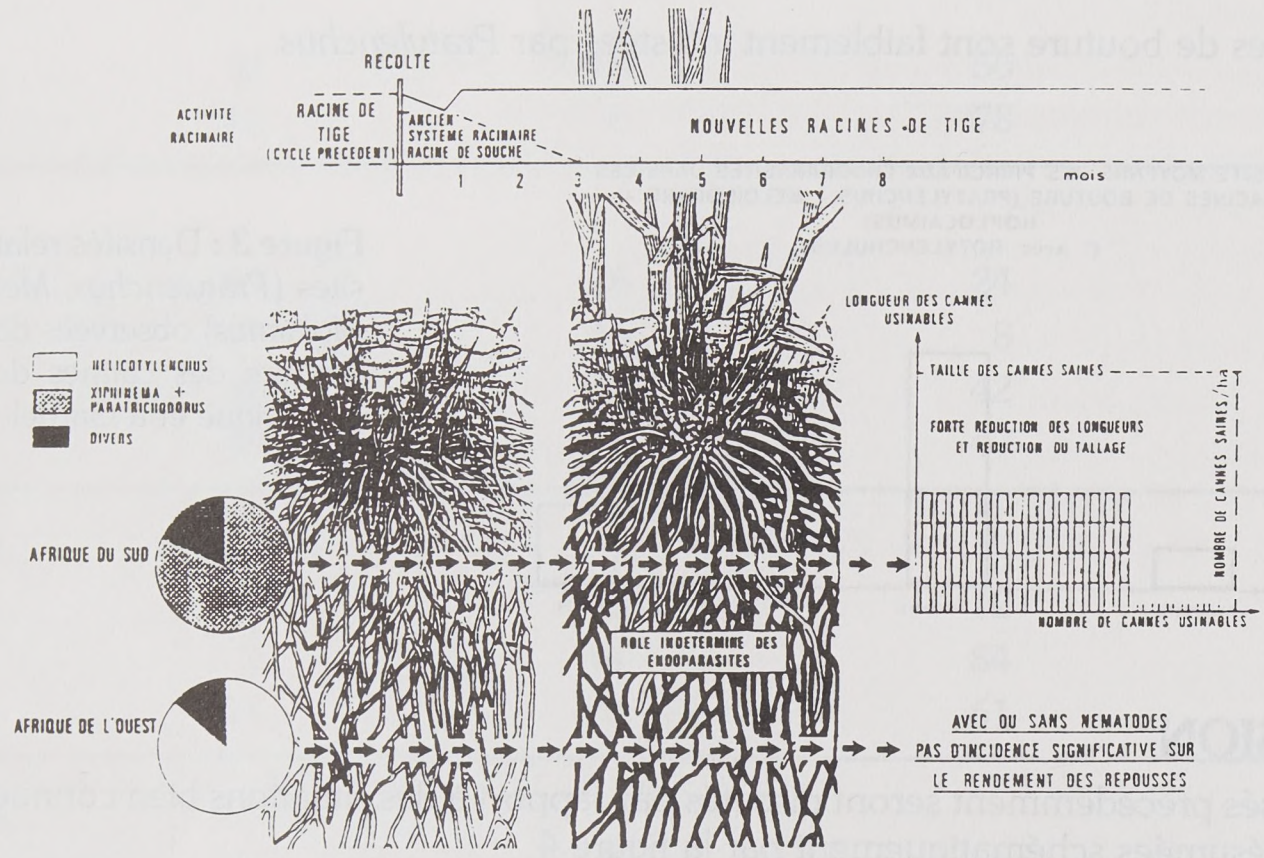
Dans l'état actuel des connaissances, on ignore si les nématodes endoparasites sont effectivement responsables d'une partie des dégâts dans les pays où des pertes de rendement apparaissent en repousse (SPAULL et CADET, sous presse; Fig. 4 A). Si ce devait être le cas, la situation ne pourrait être préoccupante qu'à Saint Pierre. Les terrains légers de cette région favorisent incontestablement la prolifération des endoparasites, comme en témoigne le taux d'infestation très élevé des racines de bouture. Cela laisse présager l'apparition de problèmes de germination entraînant une réduction du tallage en canne de plantation (CADET et MERNY, 1978). En outre, les populations telluriques de *Xiphinema* et *Paratrichodorus*, deux genres capables de perturber le fonctionnement des racines de tige, occupent une proportion non négligeable du peuplement nématologique. Cette observation suggère que dans cette région, des problèmes nématologiques pourraient également survenir en canne de repousse.

Un certain nombre de facteurs peuvent moduler l'importance des dégâts susceptibles d'apparaître en présence d'un peuplement nématologique dangereux. Parmi eux figure l'identité des espèces existant dans les îles antillaises (Tab.2), par rapport à celles observées en Afrique. Il n'est pas certain que leur pathogénie soit comparable. Par exemple, *Xiphinema setariae* et *Paratrichodorus anthurii* sont présents au Galion, alors que ce sont *X. elongatum* et surtout *P. minor* qui sévissent en Afrique du Sud. Si *Helicotylenchus dihystera*, qui représente la majeure partie du peuplement ectoparasite en Afrique de l'Ouest, est considéré comme peu pathogène (CADET et SPAULL, 1985), il n'est pas certain que *H.erythrinae*, qui apparaît au Galion et à Gardel, le soit aussi.

Les conditions climatiques seraient également en mesure de compenser partiellemnt les effets négatifs des nématodes. Ainsi, en Afrique de l'Ouest, les apports réguliers d'eau par irrigation pourraient compenser la déficience fonctionnelle des racines de tige attaquées par *Xiphinema*. En Afrique du Sud, ce processus n'intervient pas car les cannes sont cultivées sans irrigation et souffrent d'une longue période de sécheresse. Cette hypothèse ne tient pas compte du fait que les espèces de *Xiphinema* ne sont pas les mêmes et pourraient avoir une pathogénie différente. Dans les Antilles, la pluviométrie très élevée et l'absence de saison sèche marquée pourraient concourir au même résultat.

Enfin, la qualité du sol est un autre facteur de compensation des dégâts dûs aux nématodes. D'une manière générale, les sols volcaniques de Martinique, généralement assez riches en matière organique, peuvent être considérés comme très fertiles en regard des sols sableux très pauvres d'Afrique, où les modèles exposés ci-dessus ont été établis. Dans ce cas, la canne a besoin d'un système racinaire parfaitement fonctionnel pour se développer normalement.

A)



B) CANNE DE PLANTATION

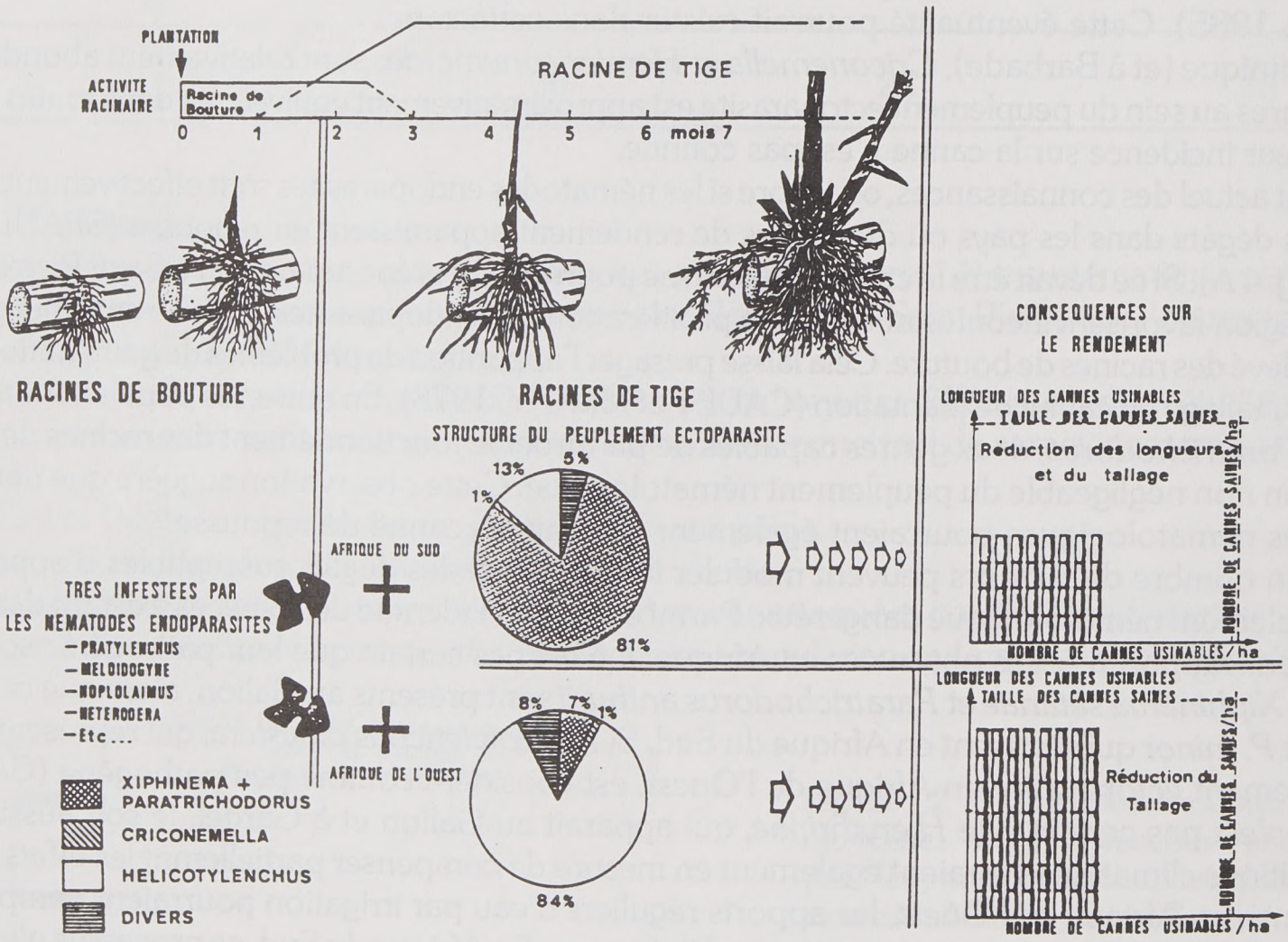


Figure 4 A et 4 B : Schématisation du mécanisme d'appartition des dégâts en Afrique, selon la structure spécifique du peuplement observé en canne de repousse (A) ou en canne de plantation (B).

TABLEAU 2 - **Liste des principales espèces rencontrées à la Martinique et à la Guadeloupe**

Martinique :	**Guadeloupe (Gardel)**
Helicotylenchus erythrinae	*Helicotylenchus erythrinae*
Xiphinema setariae	*Rotylenchulus parvus*
Paratrichodorus anthurii	*Criconemella sphaerocephala*
Hemicriconemoides cocophilus	*Pratylenchus zeae*
Criconemella onoensis	
Tylenchorhynchus annulatus	
Pratylenchus zeae	
Hoplolaimus seinhorsti	
Meloidogyne spp.	

V - CONCLUSION

A l'exception de Saint Pierre, qui offre une situation nématologique comparable à celle qui existe en Afrique, incontestablement défavorable à la croissance de la canne, seules les parcelles de repousse situées dans la zone du Galion pourraient également souffrir de la présence de nématodes. Cependant, ces conclusions spéculatives ne doivent pas faire perdre de vue que de nombreux facteurs agro-climatiques et culturaux peuvent influencer localement le développement des cannes attaquées par les nématodes.

REMERCIEMENTS :
L'auteur remercie le Dr. E. van den Berg et M. M. Luc qui ont identifié les espèces de nématodes, H. Ozier-Lafontaine et son équipe, qui ont collecté les échantillons, ainsi que S. Marie-Luce qui a réalisé les extractions.

REFERENCES

BRATHWAITE C.W.D., 1976 - Plant-parasitic nematodes associated with sugarcane in Barbados. *Plant Dis. Rep.*, 60, 294-295.

CADET P. & MERNY G., 1978 - Premiers essais de traitements chimiques contre les nématodes parasites de la canne à sucre en Haute-Volta. *Rev. Nématol.*, 1, 53-62.

CADET P., QUENEHERVE P. & SAUNIER P., 1987 - Incidence des formulations liquides de nématicides sur le rendement des cannes à sucre en Afrique de l'Ouest. *Phytoma*, 392, 56-59.

CADET P., 1985 - Incidence des nématodes sur les repousses de canne à sucre au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. *Rev. Nématol.*, 8, 277-284.

CADET P. & SPAULL V.W., 1985 - Studies on the relationship between nematodes and sugarcane in South and West Africa : Plant Cane. *Rev. Nématol.*, 8, 131-142.

DICK J. & SPAULL V.W., 1982 - Nematode pests of sugarcane. In Keetch D.P. & Heyns, J. (Eds.) *Nematology in southern Africa, Science Bull.* no. 400, Depart. of Agric. and Fish., Rep. of South Africa, 47-57.

SEINHORST J.W., 1950 - De beteckenis van de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). *Tijdschr. Pl. Ziekt.*, 56, 291-349.

SEINHORST J.W., 1962 - Modifications of the elutriation method for extracting nematodes from soil. *Nematologica*, 8, 117-128.

SPAULL V.W. & CADET P., 1989 - Sugarcane. In : Luc M., Sikora R.A. & Bridge J. (Eds). *Plant parasitic nematodes of tropical and subtropical crops.* CAB. International, U.K. sous presse.

WINCHESTER J.A., 1969 - Sugarcane nematodes of the world. Proc. Int. Soc. of Sug. Cane Technol., 13, 1276-1283.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 64-67, 1989.

QUELQUES PROBLEMES PATHOLOGIQUES DU SYSTEME AERIEN DE LA CANNE A SUCRE EN GUADELOUPE

TORIBIO J.A. & BERAMIS M.

INRA - Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane
BP 1232 F97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

Un état des principaux problèmes pathologiques sur Canne à sucre en Guadeloupe, rabougissement des repousses (Leaf scald : *Xanthomonas albilineans*, charbon : *Ustilago scitaminea*, rouille : *Puccinia melanocephala*, autres taches foliaires et agents de détérioration) est présenté avec leur incidence potentielle ou réelle dans la culture et pendant les opérations de transformation.

SUMMARY

Some pathological problems of the aerial system of Sugarcane in Guadeloupe

A statement of the main disease problems on Sugarcane in Guadeloupe (Leaf scald : Xanthomonas albilineans, *smut :* Ustilago scitaminea, *rust :* Puccinia melanocephala, Ratoon stunting, *other leaf spots and deteriorating agents) with their potential or actual incidence in the field and during the processing operations.*

I - INTRODUCTION

Pendant longtemps, les principaux problèmes phytosanitaires examinés sur Canne à sucre en Guadeloupe ont concerné les foreurs de tiges, les vers blancs et les rats. Ces cibles ont vraisemblement été choisies à cause de leur impact économique ou visuel et, également, du fait de la présence alors sur place, de spécialistes de ces questions. A côté, les agents parasitaires ont souvent été considérés comme mineurs. Depuis une quinzaine d'années, cependant, la crise de l'industrie sucrière et les baisses de production constatées semblent vouloir motiver une meilleure prise en compte des maladies. Malheureusement, les réactions ne s'affirment encore qu'à l'apparition d'épidémies graves nécessitant des "interventions de type pompier" (l'exemple du charbon est éloquent à ce propos).
Dans le présent article, nous faisons état de quelques problèmes pathologiques déjà identifiés sur le système aérien de la Canne en mettant l'accent sur leur impact constaté ou potentiel.

II - MALADIES DE LA CANNE EN COURS DE VEGETATION

1 - Le Leaf scald ou "échaudure"

C'est l'une des toutes premières maladies étudiées par les phytopathologistes de Guadeloupe (BERNAC *et al.*, 1972 ; FLOCH *et al.*, 1970). On lui reconnaît généralement deux phases :
La phase **chronique** se caractérise par une striation de jeunes feuilles et chaumes, un étiolement des tiges, le développement de bourgeons latéraux et la présence de lignes rougeâtres à l'intérieur des cannes malades (rougissement des vaisseaux).
Dans sa phase **aiguë**, la maladie entraîne un dessèchement brutal et la mort des plantes, comme si elles avaient souffert de sécheresse. De fait, cette dernière phase intervient notamment dans les régions à saison sèche marquée (Grande-Terre par exemple).
La maladie se transmet principalement par les boutures coupées avec des coutelas contaminés. Outre un tonnage en canne réduit du fait de l'étiolement des tiges, le jus obtenu est de mauvaise qualité technologique (diminution notamment de la pureté et de la teneur en sucre).
Le leaf scald est actuellement apparemment présent dans toute la Guadeloupe. C'est pour éviter une trop grande extension de la maladie que l'INRA, en accord avec le Centre Technique de la Canne et du Sucre (CTCS), avait entrepris des essais de sensibilité sur différentes variétés en cours de multiplication en pépinière, après sortie de quarantaine. Depuis lors, une méthode de détection dans les cannes de la bactérie responsable (*Xanthomonas albilineans*) a été mise au point (LEOVILLE & COLENO, 1975). Son utilisation indique que les plantes issues de quarantaine (et ne présentant pas de symptômes visibles) ne sont pas forcément indemnes du germe. Elle peut également permettre de mettre en évidence, après inoculation artificielle, des différences de sensibilité chez diverses variétés exploitées en Guadeloupe, selon l'importance numérique des bactéries à l'examen microscopique. Ainsi, par exemple, B 69566 et B 64277 se présentent comme très sensibles, B 46364 comme sensible, et B 47258,

B 57129, B 69379 et UCW 5465 comme hautement résistantes. Malgré leur grande sensibilité reconnue, certaines variétés sont encore cultivées, sans que le problème de la désinfection des boutures (par thermothérapie ou par chimiothérapie) soit maîtrisé.

2 - Le ratoon stunting ou rabougrissement des repousses.

Ce dépérissement au nom évocateur est connu depuis fort longtemps dans la plupart des régions de grande culture de la canne dans le monde (STEINDL, 1961). Il aurait fait son apparition en Guadeloupe (FEREOL, communication personnelle), mais peu d'informations sont cependant disponibles sur la distribution en Guadeloupe de l'agent responsable (la bactérie *Clavibacter xyli* sbsp. *xyli*), donc sur son impact.

3 - Le charbon

Cette maladie est présente dans resque toutes les régions de culture de la canne dans le monde. Elle a fait son apparition à la Martinique en 1975 (TORIBIO, 1975) et à la Guadeloupe en 1978 (QUIOT & TORIBIO, 1979), où des contaminations secondaires à caractère épidémique ont été observées sur HJ 5741. A l'instar d'autres pays, où la grande sensibilité de HJ 5741 était déjà reconnue, nous avons proposé l'élimination de cette variété, de façon à limiter la quantité (ou « pression ») d'inoculum du champignon responsable (*Ustilago scitaminea*) qui, à forte pression, pourrait entraîner des dégâts sur des variétés normalement résistantes (QUIOT *et al.*). *Ustilago scitaminea* étant une population qui comprend des races physiologiques (SANKPAL & NIMBALKAR, 1980), il s'agissait également de réduire le risque d'apparition de mutants ou de recombinants plus virulants. Récemment encore, des fouets charbonneux, symptômes caractéristiques de la maladie, ont été observés sur les variétés B 47258, B 5992, B 61277 et B 67215 dans le bassin cannier de Gardel, et B 46364, B5992, B64277 et B69379 dans celui de Beauport (MONTILLET, 1986).
Les cannes infectées ont une teneur réduite en chlorophylle, et fixent moins de CO_2. Le résultat est la formation de tiges grêles, à faible teneur en sucre.
La résistance variétale est le moyen de lutte le plus intéressant. Cependant, les notes de résistance attribuées aux variétés varient d'un pays à l'autre, d'où la nécessité de conduire des tests de résistance localement, lorsque cela est possible. Autrement, il convient, avant d'arrêter un choix, de connaître le comportement des variétés dans plusieurs localités différentes.

4 - Les taches foliaires

Elles sont provoquées en Guadeloupe par un ensemble de champignons, notamment *Puccinia melanocephala* (agent de la rouille), *Leptosphaeria* spp. (« leaf blight » et « ring spot » ?), *Helminthosporium sacchari*, *Colletotrichum falcatum* et *Curvularia* sp.
La **rouille** est reconnue en Guadeloupe depuis l'été 1978. Nous avons identifié de façon irréfutable l'agent causal-*Puccinia melanocephala* sur différentes variétés en culture ou en pépinière de multiplication (MARCHOUX & TORIBIO, 1979). Il est admis aujourd'hui que la maladie a atteint la Caraïbe, plus spécialement la République Dominicaine (où la variété B 4362, très sensible, était cultivée sur plus de 35 p. cent de la surface cannière), à partir du Cameroun, par transport transocéanique des urédospores (PURDY *et al.*, 1985). Les nouvelles spores produites en République Dominicaine auraient été disséminées par les vents dans les autres pays de la région.
En Guadeloupe, on a pu noter une grande diversité des réponses à la maladie selon les variétés. Parmi celles qui sont actuellement cultivées, BT 64134 et B 47258 sont très sensibles. Diverses observations sur le terrain indiquent que la maladie se développe principalement en Basse-Terre entre novembre et mars (période fraîche et relativement humide) sur de jeunes cannes ou repousses, qui peuvent être gravement infectées. Par la suite, chez la plupart des variétés, les nouvelles feuilles ne sont que peu, ou pas du tout, infectées.
Aucune évaluation de l'impact économique de la maladie n'a été effectuée. Cependant, on doit avoir présent à l'esprit que, dans certains pays, la réduction de la production peut atteindre 25 à 50 p. cent chez certaines variétés. Afin de réduire l'incidence de cette maladie, ou le risque d'une épidémie grave, on doit miser sur un nombre relativement important de variétés, en éliminant celles dont la sensibilité est reconnue. Par ailleurs, le choix des périodes de replantation et/ou début de repousse doit être fait de façon à éviter les conditions trop favorables à la maladie. A ce propos, le retard apporté, depuis quelques années, aux opérations de récolte en Guadeloupe est intéressant.
Les autres taches foliaires peuvent affecter aussi bien les feuilles jeunes que les feuilles plus âgées. Elles aboutissent à un dessèchement qui peut affecter plus de 50 p. cent du feuillage. Ce dessèchement est particulièrement spectaculaire chez BT 64134. Les conséquences sur l'activité photosynthétique des cannes est facile à imaginer, et l'on obtient des tiges grêles à faible teneur en sucre.
Compte tenu des nombreuses sources possibles d'inoculum (graminées sauvages ou cultivées), la seule méthode de lutte réaliste est, là encore, la plantation de variétés résistantes. Dans cette optique, une meilleure gestion des introductions doit être assurée, de façon que les cannes qui échappent au tri de quarantaine (les conditions climatiques pouvant n'y être pas favorables à l'expression des symptômes) puissent subir des tests complémentaires.

III - PROBLEMES DE DETERIORATION DE LA CANNE

Divers microorganismes sont normalement présents sur les feuilles et les tiges de canne à sucre, sans causer aucun dégât apparent dans la culture. Pendant et après les opérations de récolte, surtout après brûlage des cannes, certains d'entre eux peuvent cependant se révéler des agents de détérioration de la matière première, et conduire à l'obtention d'un jus de qualité technologique diminuée.
Une étude expérimentale (MESSIAEN & QUIOT, 1970, 1975) a concerné trois de ces microorganismes :

- *Leuconostoc mesenteroides*, bactérie qui a la propriété de fabriquer, à partir du saccharose, du dextrane, substance qui gène considérablement la cristallisation du sucre à l'usine
- *Neuropora* sp., qui se développe beaucoup plus rapidement sur canne brûlée que sur canne non brûlée, et consomme du saccharose
- *Thielaviopsis paradoxa*, qui provoque des pourritures de boutures d'où émane une odeur particulière (« pineapple disease »); c'est le seul champignon capable de pénétrer les tissus de canne sans provoquer aucun rougissement.

Ces trois microorganismes se présentent effectivement comme es agents de détérioration du jus : ils provoquent une augmentation de sa teneur en sucres réducteurs, ainsi qu'une diminution de sa teneur en saccharose et de sa pureté. Les deux premiers sont particulièrement importants sur cannes brûlées; le *Leuconostoc* est en outre favorisé par les blessures. Le *Thielaviopsis* peut intervenir gravement même sur des cannes non brûlées ; fort heureusement, dans la pratique, ses attaques sont rares. Mais on peut redouter des problèmes dans le cas où les cannes récoltées par tronçonnage ne seraient par usinées immédiatement.
Ces considérations amènent à penser que toute porte d'entrée dans les tissus de canne pour ces microorganismes (galeries de foreurs, blessures de rats, craquelures mal cicatrisées ...) est préjudiciable à la production d'un jus de bonne qualité technologique.

IV - CONCLUSION

Ce survol rapide des problèmes pathologiques concernant le système aérien de la canne révèle, si besoin était, que l'état sanitaire de cette culture en Guadeloupe n'est pas bon. Toute réflexion approfondie sur le phénomène général de baisse des rendements doit donc prendre en compte ces problèmes, surtout si l'on considère les changements dans les techniques culturales (irrigation par aspersion par exemple) et la multiplication des introductions de matériel végétal. Ce dernier point, notamment, doit être examiné avec beaucoup d'attention, car les agriculteurs peuvent difficilement supporter financièrement des traitements chimiques coûteux.

REFERENCES

BERNIAC M., QUIOT J.B. & BERAMIS M., 1972 - Etat actuel des recherches sur la maladie de l'échaudage de la canne à sucre ou leaf-scald en Guadeloupe. *Notes et information CTCS Guadeloupe*, 72 (4), 11-16.

FLOCH H.A., QUIOT J.B. & JOLIBOIS C., 1970 - *Xanthomonas albilineans* Dowson, agent d'une maladie bactérienne de la canne à sucre en Guadeloupe. *Arch. Inst. Pasteur Guadeloupe*, 18, 92-95.

LEOVILLE F. & COLENO A., 1975 - Détection de *Xanthomonas albilineans*, agent de l'échaudure de la canne à sucre dans les boutures contaminées. *Ann. Phytopath.*, 8 (2), 233-236.

MARCHOUX G. & TORIBIO J.A., 1979 - *Liste des agents pathogènes identifiés sur les principales plantes cultivées en Guadeloupe et Martinique.*. Doc. Stn. Pathologie végétale, INRA, CRAAG, Petit-Bourg Guadeloupe, 11 p.

MESSIAEN C.M. & QUIOT J.B., 1970 - *Recherche sur l'action pathogène de* Thielaviopsis paradoxa *vis-à-vis de la canne à sucre et du sorgho.* Doc. Stn. Pathologie végétale, INRA, CRAAG, Petit-Bourg Guadeloupe, 9 p.

MESSIAEN C.M. & QUIOT J.B., 1975 - Données quantitatives sur le rougissement de la canne à sucre et du sorgho provoqué par différents micromycètes. *Ann. Phytopath.*, 7 (4), 325-328.

MONTILLET J., 1986 - *Etude de l'échaudure des feuilles (causée par* Xanthomonas albilineans *(Ashby) Dowson), du charbon (dont l'agent causal est* Ustilago scitaminea *Sydow) et d'un thrips* (Fulmekiola serrata *Kobus) de la canne à sucre en Guadeloupe.* Diplôme d'Agronomie tropicale, CNEARC Montpellier.

PURDY L.M., KRUPA S.V. & DEAN J.L., 1985 - Introduction of sugarcane rust into South America and its spread to Florida. *Plant Dis.*, 69, 689-693.

QUIOT J.B. & TORIBIO J.A., 1979 - *Note d'information sur le charbon de la canne.* Doc. Stn. Pathologie végétale, INRA, CRAAG, Petit-Bourg Guadeloupe, 4 p.

QUIOT J.B., GYUEN M., BERAMIS M. & TORIBIO J.A., 1979 - *Dissémination du charbon de la canne à sucre en Guadeloupe (Juin 1979).* Doc. Stn. Pathologie végétale, INRA, CRAAG, Petit-Bourg Guadeloupe, 6 p.

SANKPAL S.D. & NIMBALKAR J.D., 1980 - Physiological studies in smut-infected sugarcane var. Co 749. *Indian J. exp. Biol.*, 18 (1), 95-96.

STEINDL D.R.L., 1961 - Ratoon stunting disease, p. 433-453. *In : Sugar cane diseases of the world*, vol. 1, MARTIN J.P., ABBOTT E.V. & HUGUES C.G. Eds. Elsevier Publ. Co., 542 p.

TORIBIO J.A., 1975 - Note de synthèse sur le charbon de la canne à sucre. *Nouv. agron. Antilles-Guyane*, 1 (3), 175-185.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 68-71, 1989.

LES CAUSES DE POURRITURE DES RACINES DE CANNE DANS LE MONDE METHODES DE LUTTE APPLICATIONS POSSIBLES AUX PETITES ANTILLES

MESSIAEN C.M. & HOUNTONDJI A.

INRA Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane,
BP 1232 F97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

L'étude des causes de pourriture des racines de canne dans le monde montre que les principaux agents en sont des champignons du sol (principalement des *Pythium*) et des nématodes. Les attaques de *Pythium* sont plus fréquentes en sols argileux compacts, souvent saturés en eau, de pH compris entre 4,5 et 8, principalement en période fraîche. Les nématodes, au contraire, sont favorisés par des températures élevées et par des sols sableux et drainants. En Guadeloupe, les auteurs ont isolé un *Pythium* (vraisemblablement *P. graminicola*), dont la pathogénie sur racines de maïs, de sorgho et de canne a été vérifiée. Diverses méthodes (synthétiques ou analytiques) de détection et d'étude devraient être utilisées pour préciser l'incidence de ce pathogène dans la région. Des méthodes de lutte sont à mettre au point, associant des facteurs biologiques (nouvelles variétés résistantes, régénération des variétés existantes, façons culturales, amendements organiques) et la lutte chimique.

Mots-clefs additionnels : *Tropiques microflore microfaune sol*

SUMMARY

Causes of root rots in sugar cane in the world. Methods of control. Possible applications in the Lesser Antilles

The study of the causes of root rots in sugarcane in the world shows that the main agents are some soil fungi (mainly Pythium*) and some nematodes.* Pythium *attacks are more frequent in compact, often water-soaked claysoils, with pH between 4.5 and 8, mainly during cool periods. On the contrary, nematode attacks are enhanced by high temperatures, in sandy, well drained soils. In Guadeloupe, the authors isolated a* Pythium *(probably* P. graminicola*), whose pathogenicity on corn, sorghum and sugarcane roots has been confirmed. Several detection and study methods (synthetic or analytic) should be use to check the importance of this pathogen in the region. Control methods must be worked out, which should associate biological factors (new resistant varieties, regeneration of cultivated varieties, tilling methods, organic improvement), and chemical control.*

Additional keywords *:* Tropics soil microflora microfauna

I - HISTORIQUE

C'est dès la fin du XIXe siècle que des problèmes de pourriture sur racines de Canne à sucre sont apparus dans diverses parties du monde. La variété la plus frappée était la Canne « Otaeite » (synonyme de « Bourbon »).
Les agents pathogènes provoquant ces symptômes sont le plus souvent des champignons du sol et des nématodes. C'est ainsi que le parasite primaire responsable d'une de ces pourritures fut identifié à Hawaii en 1920 au champignon *Pythium arrhenomanes*. Le remplacement de « Otaeite » par d'autres Cannes nobles de la série « Chéribon », puis mieux encore par des cannes hybrides contenant des chromosomes de *Saccharum barberi* et *S. spontaneum* permit, dans la plupart des cas, de faire disparaître le problème, tout au moins dans le pays à climat authentiquement tropical. On parle encore aujourd'hui de *Pythium* sur racines de Canne dans des pays subtropicaux : Louisiane, états de São Paulo et Rio de Janeiro au Brésil, et Queensland en Australie.
Dans ce pays, après un certain nombre d'années d'études on attribue aujourd'hui principalement le « NPRS » (« Northern poor root syndrom » : mauvais développement des racines dans le nord) à l'action de deux champignons appartenant aux Pythiacées : un *Pythium*, d'abord déterminé comme *P. arrhenomanes*, puis aujourd'hui comme *P. graminicola* (espèce très voisine à oosphères plus petites) et un autre champignon, à oosphères échinulées, appelé pour le moment « RRF » (root rot fungus). On attribue à *P. graminicola* la nécrose des radicelles, et des lésions rouges sur racines secondaires et primaires. Le « RRF », moins pathogène sur radicelles, provoque au contraire une pourriture molle et flasque des grosses racines.
L'action des nématodes, malgré des résultats parfois positifs d'applications de nématicides, est aujourd'hui considérée comme secondaire dans l'étiologie de la nécrose des racines de Canne au Queensland. Il en est de même des déficiences en calcium et magnésium. Ce n'est que récemment, en Afrique, qu' a été mise en évidence, de la façon la plus nette, l'action des nématodes sur racines de canne.
Ces nématodes, sans doute préexistants en Afrique de l'Ouest sur des savanes à graminées (*Imperata cylindrica*), se montrent très préjudiciables sur cannes plantées dans les nouvelles implantations sucrières de Côte d'Ivoire et

du Burkina Faso. Ils appartiennent à des espèces diverses, ectoparasites (des genres *Helicotylenchus*, *Criconemella*, *Paralongidorus*, *Paratrichodorus*, *Trichodorus*, *Tylenchorenchus* et *Xiphinema*), et endoparasites (*Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Hoplolaimus*).
Les applications de nématicides entraînent des augmentations de rendement très significatives, allant jusqu'à plus de 50 p. cent, sur cannes plantées, mais beaucoup plus faibles, et non significatives, sur repousses.
Suivant les types de nématodes en cause, les symptômes sur racines peuvent être très variés : galles dues aux *Meloidogyne*, nécroses punctiformes ou étendues, rabougrissements et aspect « coralloïde » pouvant être provoqués par les autres espèces.

II - CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT DU *PYTHIUM* ET DES NEMATODES

Le *Pythium arrhenomanes* attaque non seulement la canne, mais aussi un certain nombre d'autres graminées, en particulier le maïs et sorgho. Nous disposons donc, pour préciser ses conditions de développement, non seulement de la littérature concernant la canne à sucre, mais aussi de travaux récents réalisés en France sur les conditions d'infection du maïs par *Pythium arrhenomanes* :
Son pouvoir pathogène peut s'exercer à des pH du sol supérieurs à 4,5 ou 5, et pouvant aller jusqu'à 8. Les températures égales ou supérieures à 30° diminuent son agressivité, au contraire renforcée par des expositions de la plante hôte (maïs ou canne) à des périodes fraîches (moins de 20°).
Les facteurs « sol » suivants augmentent l'agressivité du parasite : compacité, saturation en eau, fortes teneurs en argile (quelle qu'en soit la nature), faibles teneurs en matière organique.
Les nématodes, dans leur ensemble, sont favorisés par des températures supérieures à 25°, et par des sols légers de nature sableuse, drainant facilement, qui favorisent les déplacements de ces vers microscopiques.
A la Guadeloupe, les zones à risque pour les attaques de nématodes sur canne sont surtout localisées en Basse-Terre, où l'on rencontre des sols légers, alluviaux ou ferralitiques, bien structurés et drainants. En Grande-Terre, par contre, la nature des sols favoriserait plutôt les attaques de *Pythium*, une irrigation excessive ne pouvant qu'aggraver la situation.
Dans des parcelles suivies par COCHEREAU et JEAN-BART, où ceux-ci pensent avoir décelé un problème racinaire entraînant des pertes de production de 20 à 40 p.cent (communication personnelle), nous avons appliqué aux vieilles racines et à la terre qui les entourait la méthode du « piégeage » par plantules de Maïs et de Sorgho (décrite au paragraphe suivant).
Nous avons isolé un *Pythium* de type nématosporangié, auquel la taille de ses oospores ferait attribuer, comme en Australie, le nom de *graminicola*. La pathogénie de ce *Pythium* à l'égard des racines de maïs, de sorgho et de canne B 69566, a été vérifiée par des essais en pots.
Il ne s'agit là cependant que d'une détection ponctuelle, et l'on ne saurait en conclure à la généralité du problème. En outre, nous n'avons rien trouvé qui ressemble au « RRF » australien, pour le moment.
Nous avons vu ci-dessus que, sur Canne, ce sont surtout les pays subtropicaux qui sont touchés la nocivité du *Pythium*, favorisé par des températures de 20° ou inférieures.
La zone du Queensland où sévit le « NPRS » est située à 16-17° de latitude sud, avec une période froide en juillet (correspondant à janvier pour nous : température moyenne 18°). Cette période froide, qui se prolonge en Août et Septembre, est cependant assez sèche (160 mm sur les 3 mois), et les mois pluvieux, plus favorables à l'activité du *Pythium*, champignon aquatique se propageant par zoospores, ont des températures plus élevées (moyennes variant entre 20° et 27°).
Parmi les pays tropicaux, nous avons cité Hawaii comme ayant souffert d'attaques de *Pythium*, qui semblent avoir régressé aujourd'hui grâce à l'usage de variétés particulièrement robustes, sinon très riches en sucre.
On peut remarquer que la répartition des pluies, en Hawaii, s'éloigne de celle qui caractérise généralement les pays tropicaux, la plus grande partie de celles-ci tombant pendant les mois les plus frais. On peut y voir une certaine convergence avec le climat de la Guadeloupe, où les mois de novembre et décembre sont particulièrement pluvieux.
Ce facteur suffit-il pour rendre plus spécialement nocif un champignon du sol probablement présent dans tous les sols tropicaux humides et argileux ? Il a besoin sans doute pour se manifester gravement de facteurs ralentissant la croissance de la plante-hôte : températures fraîches, et peut-être d'autres facteurs agronomiques où parasitaires (le « ratoon stunting », par exemple).

III - METHODES DE DETECTION ET D'ETUDE DES AGENTS DE NECROSE DES RACINES

Il serait absurde de vouloir démarrer de façon empirique un programme de lutte contre les pourritures racinaires de la canne en Guadeloupe sans en connaître les agents et leur répartition.

Deux types de méthodes peuvent être utilisées pour acquérir une bonne connaissance de la situation :

- méthodes synthétiques :

Sur une parcelle dépérissante, où, mieux encore, lorsque cela est possible, sur des pots contenant des échantillons de terre et la plante-hôte « miniaturisée », on applique au sol suspect de « fatigue » soit des amendements améliorant la structure ou la fertilité (macroéléments, oligoéléments), soit des biocides plus ou moins sélectifs : stérilisation totale, nématicides, fongicides.

Signalons à ce propos qu'un gain de vigueur ou de récolte obtenu grâce à l'application d'un nématicide ne constitue pas une preuve suffisante de l'implication unique des nématodes dans le dépérissement. Notre expérience acquise sur *Pythium myriotylum*, agent du dépérissement du Malanga, indique que certains nématicides, en particulier l'éthoprophos (Mocap) sont de très bon anti-*Pythium*. Parmi une série de nématicides que nous avons testés sur une collection de *Pythium* et de *Rhizoctonia*, c'est l'Aldicarbe (Temik) qui semble le moins suspect de propriétés antifongiques.

- méthodes analytiques :

Nous les envisagerons dans la mesure où elles concernent les causes **parasitaires** du dépérissement. Il s'agit alors de rechercher dans les racines, ou dans la terre qui les entoure, les agents pathogènes éventuels. Les nématologistes possèdent des méthodes standardisées leur permettant d'identifier et de dénombrer les nématodes à partir des racines ou du sol.

Le phytopathologiste n'isole pas aisément dans tous les cas les champignons pathogènes des racines. En particulier, les *Pythium* nématosporangiés - auxquels appartiennent le *P. myriotylum* (du Malanga), et les *P. arrhenomanes* et *graminicola* - ne sont pas isolables directement à partir du sol. On ne peut d'autre part les isoler à partir de racines que si celles-ci présentent des lésions en tout début d'évolution. A partir de vieilles lésions, contenant le *Pythium* sous une forme dormante, avec tout un cortège d'envahisseurs secondaires (autres *Pythium* moins spécialisés, *Rhizoctonia*, *Fusarium spp.*), c'est cette flore de semi-parasites, et non le pathogène primaire que l'on obtiendra.

Heureusement, une autre méthode permet d'obtenir à coup sûr ce type de *Pythium* à partir de vieilles racines mortes et de la terre qui les entoure : c'est le piégeage au moyen de racines d'une plante hôte rencontrant les échantillons à tester insérés en couche mince au milieu d'un pot renfermant un substrat stérile et une solution nutritive. Nous pouvons ainsi utiliser des Malangas miniaturisés pour *Pythium myriotylum*, et, plus facilement encore, des plantules de maïs ou de sorgho pour *Pythium arrhenomanes* (ou *graminicola*).

Ces méthodes de détection sont entre les mains des chercheurs e l'INRA-Antilles-Guyane, qui les pratiquent couramment aussi bien pour les Nématodes que pour les champignons. Par contre, ils ne disposent pas pour le moment des possibilités de déplacements, de l'appareillage, et de la main d'oeuvre en ingénieurs et techniciens qui seraient nécessaires pour réaliser une enquête approfondie sur l'état des racines de canne dans les diverses zones de culture de la Guadeloupe, et, s'il s'avère que les pourritures de racines sont fréquentes, pour déterminer leurs causes exactes.

IV - METHODES DE LUTTE EVENTUELLES

Comme dans tous les phénomènes parasitaires, une amélioration de la situation sanitaire des racines de Canne devrait être envisagée, non seulement par l'application de pesticides, mais par toutes les voies possibles, y compris celles qui sont « biologiques » :

- Améliorer le matériel végétal.

Grâce à la reprise récente d'études sur les *Pythium arrhenomanes* ou *graminicola* sur canne au Queensland et dans le sud du Brésil, nos collègues de l'IRAT et du CTCS n'auront sans doute pas de mal à se procurer des renseignements de première main sur le niveau de résistance d'un certain nombre d'obtentions récentes. Une « régénération » des variétés existantes, par élimination d'agents infectieux internes plus ou moins bien connus, tel le « ratoon stunting » peut également augmenter la vigueur et la tolérance du système racinaire.

- Modifier les pratiques culturales dans un sens défavorable aux parasites.

Vis-à-vis des *Pythium*, toute pratique améliorant le drainage naturel, évitant la stagnation de l'eau, ainsi qu'une gestion prudente de l'irrigation, pourront rendre les conditons moins favorables à l'attaque sur racines. L'action protectrice d'apports de matière organique a été déjà démontrée pour *Pythium myriotylum* sur Malanga, en particulier dans le cas de substances riches en corps bactériens (boues des stations d'épuration, par exemple), stimulant dans le sol l'apparition d'une « microflore induite » riche en Actinomycètes. Les exemples d'effets protecteurs d'apports de matière organique vis-à-vis des Nématodes ne manquent pas non plus.

- Utiliser des pesticides.

On peut l'envisager si les méthodes évoquées ci-dessus ne suffisent pas à rétablir la situation. Dès maintenant, on peut s'en servir pour vérifier par des essais au champ sur petites parcelles les conclusions tirées d'essais réalisés en pots. L'usage sur grandes surfaces de nématicides est plus courant que celui des fongicides. Les *Pythium* présentent

cependant des stades très fragiles : mycélium, sporanges, zoospores (sinon oosphères) qui peuvent rendre une lutte chimique possible, sinon rentable. L'effet anti-*Pythium* de certains nématicides ne sera pas non plus à négliger.
Les premiers essais de lutte réalisés par COCHEREAU et JEAN-BART ressortissaient aux méthodes « synthétiques » de recherche des causes de fatigue de sol évoquées plus haut. Il serait extrêmement intéressant de les reprendre en envisageant, comme facteurs à mettre en oeuvre :

- les gravillons (amélioration de la structure du sol).
- deux ou trois qualités de matière organique, plus ou moins riches en corps bactériens (bagasse, écume fermentée, boues de station d'épuration, par exemple).
- et comme pesticides, en plus du « cryptonol spécial E » à base de PCNB (Quintozène), actif sur une vaste gamme de champignons à mycélium cloisonné, mais non sur les Pythiacées :
    - Un fongicide de la famille des metalaxyl-furalaxyl, spécifiques des Pythiacées
    - L'ethoprophos (Mocap), à la fois nématicide et anti-*Pythium*
    - Eventuellement l'aldicarbe (Temik), insecticide et nématicide, mais non fongicide. On s'assurera bien entendu que les cannes provenant des parcelles Temik ne soient ni consommées par les animaux ou les enfants, ni utilisées pour fabriquer du jus.

REMERCIEMENTS

C'est P. COCHEREAU qui a attiré notre attention sur la possibilité d'un problème « pourriture des racines de Canne » en Guadeloupe, qui nous a procuré les échantillons avec lequels nous avons réalisé nos premiers essais de détection de *Pythium*, et qui nous a fourni une abondante littérature australienne sur le « NPRS ».

A. KERMARREC nous a donné accès aux publications de ses collègues travaillant sur les nématodes de la canne en Afrique de l'ouest.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 72-75, 1989.

DISTRIBUTION DES SUCRES DANS LA TIGE DE DEUX VARIETES DE CANNE A SUCRE

CELESTINE-MYRTIL-MARLIN D.A.

Avec la collaboration technique de SAINT-MARC M-L.

INRA Centre de Recherches agronomiques des Antilles t de la Guyane,
BP 1232 F97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

Les distributions des sucres totaux,du saccharose et des sucres réducteurs de deux variétés récoltées en Guadeloupe ont été étudiées par chromatographie liquide à haute performance(HPLC). La concentration en saccharose diminue de la base vers le sommet alors que les concentrations en sucres réducteurs augmentent. La méthode proposée (échantillonage et dosage HPLC) peut être d'un grand intérêt dans des études où la connaissance de la composition exacte de la canne est nécessaire (physiologie, sélection variétale etc...), mais aussi pour le contrôle de la qualité de la matière premiére avant l'utilisation industrielle (sucrerie, rhumerie, industrie de co-produits).

SUMMARY

Distribution of sugars in the stalks of two varieties of sugarcane

Distributions of total sugars, sucrose, and reducing sugars in sugar cane stalks of two varieties harvested in Guadeloupe were determined by high performance liquid chromatography (HPLC). Sucrose concentration decreased from base to top when reducing sugars concentration increased. The method proposed (sampling and HPLC analysis) may be of great interest in studies of physiological behaviour of sugarcane or in work on exact sugar cane composition or in raw matter quality control for industrial applications (sugar, rum, or by-products production).

I - INTRODUCTION

Aux Antilles Françaises (Guadeloupe et Martinique) le rhum est la principale boisson alcoolisée produite directement à partir du jus de canne à sucre par fermentation suivie d'une distillation. Les composés du jus (sucres et non-sucres) influencent les fermentations levurienne et bactérienne ainsi que le profil aromatique du rhum (FAHRASMANE *et al.*, 1985; LENCREROT *et al.*, 1984). La composition du jus de canne dépend de la variété, des conditions de culture, de l'environnement climatique, de l'état physiologique des tiges, des méthodes de récolte, des techniques d'extraction du jus etc. En vue d'améliorer la qualité des produits de fermentation de la canne à sucre, et d'en diversifier les voies d'utilisation industrielle, une étude approfondie de la composition de la canne à sucre était nécessaire.

Parmi les nombreux travaux publiés sur la canne à sucre, peu ont porté sur la distribution des sucres à l'intérieur des joints (1 noeud + 1 entre-noeud) des tiges. Les derniers résultats ont été rapportés par VAN DILLEWIJN (1952) et ALEXANDER (1973) à partir des données de RAMIAH & VARAHALU (1938).

Ces travaux montrent en particulier une distribution du Brix sur la longueur d'une tige de canne. Le Brix représente le pourcentage en poids de composés solubles dans le jus déterminé par le Brix hydromètre ou le réfractomètre (MEADE & CHEN, 1977). Cette valeur comprend le saccharose, le glucose, le fructose, et le non-sucre soluble (acides aminés, protéines, acides organiques, amidon, minéraux etc.).

Lors d'études sur les relations entre les activités enzymatiques et l'accumulation de sucre dans la canne (HATCH, 1964; DEVI *et al.*, 1984; MATSUI, 1985a, 1985b) les distributions du saccharose et des sucres réducteurs totaux ont été décrites uniquement dans les entre-noeuds de la tige de canne à l'aide de méthodes colorimétriques ou enzymatiques. Les techniques de mesure optique (polarimétrie, Brix, colorimétrie, etc...) induisent des erreurs liées aux possibilités d'interférence de nombreux composés différents des sucres. Les méthodes enzymatiques sont très spécifiques mais ne permettent de doser qu'un sucre à la fois, ce qui nécessite trois analyses consécutives pour évaluer les concentrations en saccharose, glucose et fructose de l'échantillon. Les développements récents de la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) ont rendu possible l'analyse rapide et fiable de mélanges de sucres après une préparation simple de l'échantillon. De nombreuses compositions en sucres ont été déterminées par HPLC dans les fruits (SHAW, 1983), dans la betterave (MULCOK *et al.*, 1985), dans les milieux de fermentation (MORAWSKI *et al.*, 1983), dans le jus de canne (CHARLES, 1981; ABEYDEERA, 1983). Le présent travail a permis d'étudier quantitativement la distribution des sucres dans les différents noeuds de la tige de canne.

II - MATERIEL ET METHODES

Une canne agée de douze mois a été prélevée au hasard sur chacune des variétés B 47258 et B 69566 dans un champ du Centre Technique Interprofessionnel de la Canne et du Sucre (CTICS) situé en Grande-Terre (Guadeloupe). Les tiges sont coupées le plus près possible du sol, et leurs bouts blancs sont conservés en place. Les feuilles sont éliminées. Les noeuds, ainsi que les entre-noeuds, sont numérotés à partir de la base de la tige. Les tiges sont ensuite lavées. Les noeuds sont séparés des entre-noeuds. Les différents noeuds et entre-noeuds obtenus sont pesés, broyés et congelés séparément. L'échantillon B 47258 a ainsi été divisé en 51 sous-échantillons (26 entre-noeuds et 25 noeuds) et l'échantillon B 69566 en 49 sous-échantillons (25 entre-noeuds et 24 noeuds). L'extraction des sucres, la préparation et le dosage HPLC des échantillons ont été effectués selon la méthode mise au point par CELESTINE-MYRTIL-MARLIN & PARFAIT (1987).

III - RESULTATS ET DISCUSSION

Composition des tiges en saccharose

Les entre-noeuds contiennent plus de saccharose que les noeuds dans les deux variétés étudiées (fig. 1). Ces différences sont moins nettes au sommet des tiges. Les tendances sont les mêmes que celles observées par MATSUI (1985a, 1985b) sur une variété commerciale (N : CO 310) récoltée au stade de maturité, ou par DEVI *et al.* (1984) sur une canne immature de la variété HJ 5741. Ces résultats sont conformes à ceux de la littérature (VAN DILLEWIJN, 1952 et ALEXANDER, 1973). Le contenu en saccharose de la variété B 47258 est supérieur à celui de la variété B 69566. Les différences de concentration en saccharose entre les noeuds et les entre-noeuds sont plus importantes chez B 47258 que chez B 69566.

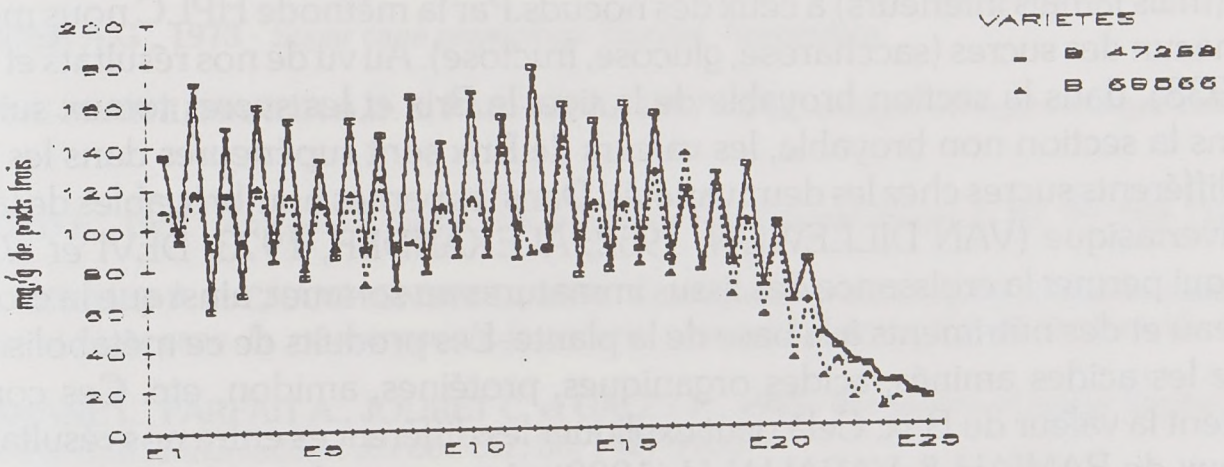


Figure 1 - Entrenœuds et nœuds - Variation du saccharose dans deux variétés

Composition des tiges en sucres réducteurs

Le contenu en sucres réducteurs est très variable chez les deux variétés étudiées (fig. 2). Les différences entre les noeuds et les entre-noeuds n'apparaissent pas aussi clairement que dans le cas du saccharose. La tendance moyenne est à l'augmentation entre la base et le sommet, mais une stabilisation ou une chute des concentrations est observée dans les deux derniers entre-noeuds chez les deux variétés. MATSUI (1985a, 1985b) a obtenu les mêmes résultats en étudiant les sucres réducteurs de la variété N :CO 310.

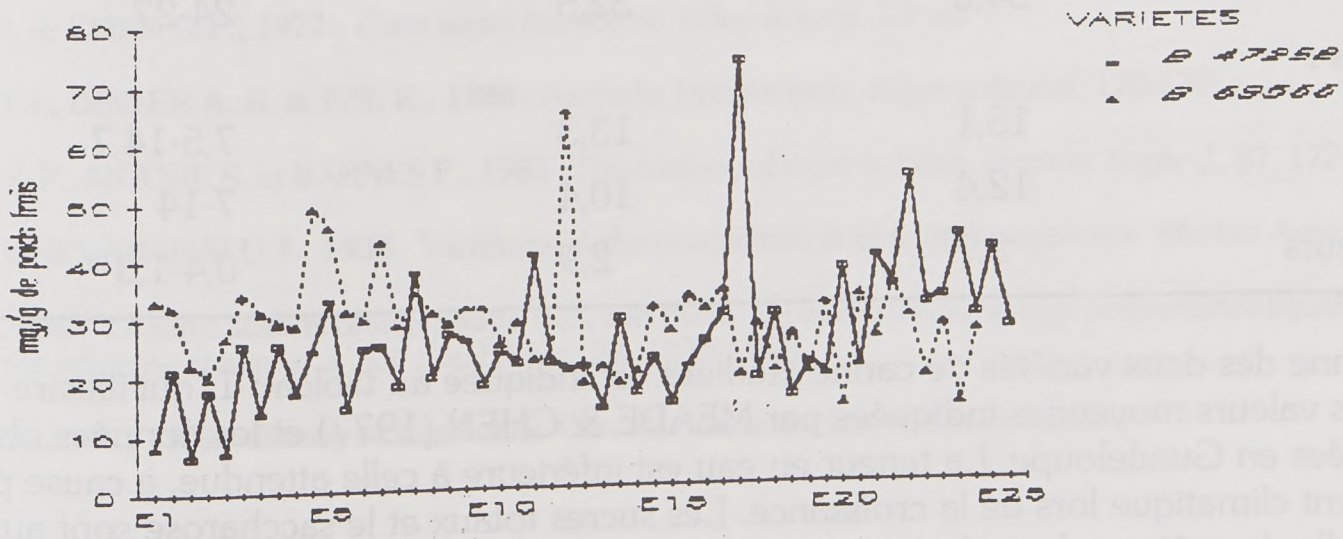


Figure 2 - Entrenœuds et nœuds - Variation des sucres réducteurs dans deux variétés

Composition des tiges en sucres totaux

Les concentrations en sucres totaux sont fortement influencées par celles du saccharose dans les deux variétés (fig. 3). Les concentrations en sucres totaux des noeuds sont inférieures à celles des entre-noeuds. La concentration en sucres totaux diminue de la base vers le sommet de la tige. Les différences de contenu en sucres entre les noeuds et les entre-noeuds sont plus marquées chez B 47258 que chez B 69566. RAMIAH & VARAHALU (1938) ont étudié la distribution du Brix dans la tige et ont trouvé que dans la portion broyable de la canne, le Brix et la concentration en saccharose dans les noeuds sont inférieurs à ceux des entre-noeuds , alors que c'est l'inverse dans la partie non broyable (base et sommet).

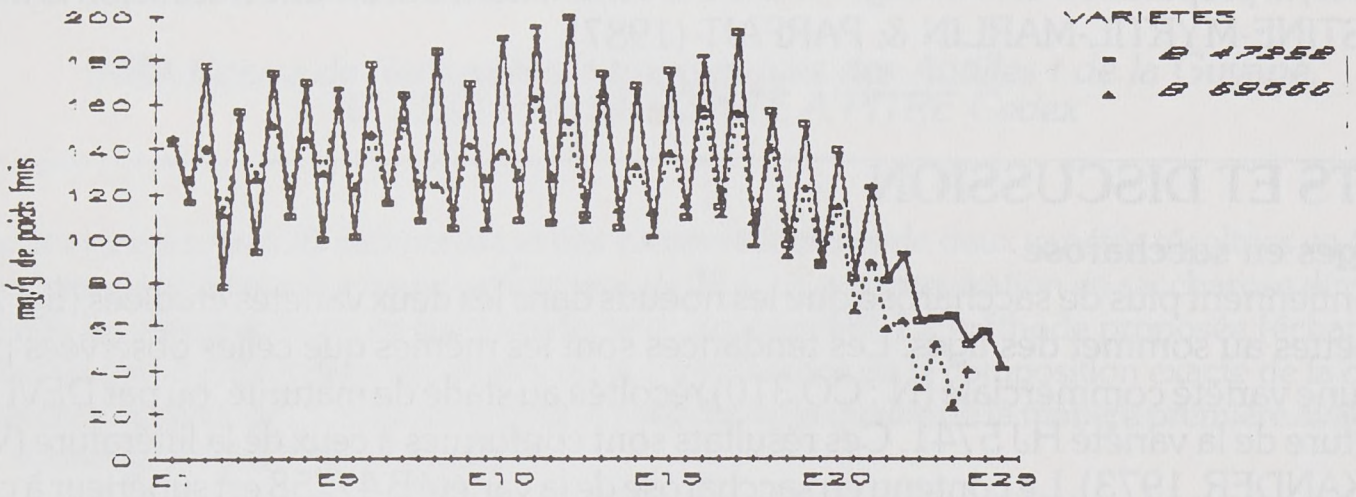


Figure 3 - Entrenœuds et nœuds - Variation des sucres totaux dans deux variétés

Dans notre étude, les sucres totaux des entre-noeuds sont, de la base au sommet (y compris les portions de tige non broyables), supérieurs ou égaux (mais jamais inférieurs) à ceux des noeuds.Par la méthode HPLC nous mesurons spécifiquement et séparément chacun des sucres (saccharose, glucose, fructose). Au vu de nos résultats et de ceux de RAMIAH & VARAHALU (1938), dans la section broyable de la tige, le Brix et les sucres totaux suivent les mêmes tendances, alors que dans la section non broyable, les valeurs de Brix sont supérieures dans les noeuds mais pas les concentrations des différents sucres chez les deux variétés. Dans les parties non-broyables de la canne, il y a une importante activité invertasique (VAN DILLEWIJN, 1952; ALEXANDER, 1973; DEVI *et al.*, 1984; GLASZIOU & GAYLER, 1972) qui permet la croissance des tissus immatures au sommet, ainsi que la croissance des racines et l'assimilation de l'eau et des nutriments à la base de la plante. Les produits de ce métabolisme sont des non-sucres solubles tels que les acides aminés, acides organiques, protéines, amidon, etc. Ces composés s'ajoutent aux sucres et augmentent la valeur du Brix. Celà peut expliquer les différences entre nos résultats obtenus par la méthode HPLC et ceux de RAMIAH & VARAHALU (1938) obtenus par la méthode du Brix.

TABLEAU 1 - Composition moyenne des cannes B 47258 et B 69566 en pourcentage de poids frais, et comparaison avec les valeurs moyennes données par MEADE & CHEN (1977).

	Variétés		Valeurs moyennes
	B 47258	B 69566	
Eau	65,4	67,5	73-76
Matière sèche	34,6	32,5	24-27
Constituants du jus :			
Sucres totaux	15,1	13,3	7,5-14,7
Saccharose	12,4	10,4	7-14
Sucres réducteurs	2,7	2,9	0,4-1,3

La composition moyenne des deux variétés de canne étudiées est indiquée au tableau 1, qui illustre en outre les différences entre les valeurs moyennes indiquées par MEADE & CHEN (1977) et les données obtenues pour des cannes cultivées en Guadeloupe. La teneur en eau est inférieure à celle attendue, à cause probablement de l'environnement climatique lors de la croissance. Les sucres totaux et le saccharose sont aux limites supérieures de l'intervalle donné pour les valeurs moyennes et correspondent aux résultats de HATCH (1964) sur des hybrides de *Saccharum officinarum*.

Les données du glucose et du fructose sont supérieures à celles de MEADE & CHEN, 1977 obtenues sur du jus de canne. L'accumulation du saccharose s'effectue dans les vacuoles des cellules de stockage du parenchyme. Le glucose et le fructose, quant à eux, sont produits à l'extérieur de la vacuole dans la paroi cellulaire, à partir du saccharose pénétrant dans la cellule, par une invertase acide, puis diffusent dans le cytoplasme où ils sont transformés en saccharose-phosphate qui est activement transporté dans la vacuole (ALEXANDER, 1973). Les méthodes mécaniques d'extraction du jus par pression font exploser la vacuole, qui relâche son contenu en saccharose ; mais les composés liés au reste de la cellule (paroi) sont moins bien extraits. L'efficacité de la méthode d'extraction du jus influence les résultats obtenus pour la composition de ce jus. Notre méthode basée sur la diffusion des composés nous donne des chiffres plus importants pour le glucose et le fructose que ceux de MEADE & CHEN (1977), obtenus sur jus de canne, ce qui peut être lié à notre méthode d'extraction, qui permet une analyse plus complète.

VI - CONCLUSION

La méthode de dosage par HPLC a permis d'illustrer le gradient des sucres à l'intérieur de la canne et les différences entre variétés. Cette méthode peut être utilisée pour des études de physiologie, de sélection variétale, de qualité de la matière première pour les technologies sucrière et rhumière, mais aussi pour l'étude de la diversification de la valorisation industrielle de la canne à sucre.

REFERENCES

ABEYDEERA W.P.P., 1983 - High performance liquid chromatography determination of sugars on cation exchange resins. *Internat. Sugar J.*, 85, 300-306.

ALEXANDER A.G., 1973 - *Sugar cane physiology.* Elsevier, Amsterdam.

CELESTINE-MYRTIL-MARLIN A.D. & PARFAIT A., 1987 HPLC analysis of sugars in sugar cane stalks. *Internat. Sugar J.*, 89, 186-190, 217-220.

CHARLES D.F., 1981 - Analysis of sugars and organics acids. *Internat. Sugar J.*, 83, 99, 169-172, 195-199.

DEVI M., TENAUD P. et CHAMPIGNY M-L., 1984 - A comparative study on the soluble invertase activities and sucrose content in different clones of sugar cane. *In : Advances photosynthesis research* (Martinus Nyhoff, Dr Junk W., Eds.), IV, 7,881-884, Sybesma .

FAHRASMANE L., PARFAIT A., JOURET C. et GALZY P., 1985 - Production of higher alcohols and short chain fatty acids by different yeasts used in rum fermentations. *J. Food Sci.*, 50, 1427-1430.

GLASZIOU K.T. & GAYLER K.R., 1972 - Storage of sugars in stalks of sugar cane. *Bot. Rev.*, 38, 4, 471-490.

HATCH M.D., 1964 - Sugar accumulation by sugar cane torage tissue : the role of sucrose phosphate. *Biochem. J.*, 93, 521-526.

LENCREROT P., PARFAIT A., JOURET C., 1984 - Rôle des corynébactéries dans la production d'acroléine (2-propénal) dans les rhums. *Ind. Aliment. Agric.*, 101, 9, 763-765.

MATSUIT., 1985a - Seasonal changes of the activities of sucrose synthetase in sugar cane. *Techn. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ.*, 36, 2, 117-125.

MATSUIT., 1985b - Seasonal changes of activities of invertases in relation to sugar accumulation in sugar cane. *J. japan. Soc. Food Sci. Technol.*, 32, 655-660.

MEADE G.P. & CHEN G.P., 1977 - *Cane sugar handbook.* Wiley & sons, 10e ed.

MORAWSKI J., DINLER A. K. & IVIE K., 1983 - Acoholic fermentation. *Sugar y Azucar*, 170-177.

MULCOCK A.P., MOORE S. et BARNES F., 1985 - The analysis of sugar in beets. *Internat. Sugar J.*, 87, 172-175, 188-194, 203-207.

RAMIAH P.V. & VARAHALU T., 1938 - Variations in the concentration of juice in sugarcane. *Madras Agric. J.*, 26, 458-464.

SHAW P.E., 1983 - Organic acids in orange, grape-fruit, and cherry juices quantified by high performance liquid chromatography using neutral resin or propylamine columns. *J. Sci. Food Agric.*, 34, 1285-1288.

VAN DILLEWIJN C., 1952 - *Botany of sugar cane.* Chronica Botanica Co, Waltham, Mass.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 76-78, 1989.

LA FILIERE RHUM ET LA PRODUCTION CANNIERE

PARFAIT A. & FAHRASMANE L.

INRA Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane,
BP 1232 F97184 POINTE A PITRE Cedex

RESUME

Près de 17 p. cent de la production de canne de la Guadeloupe et de la Martinique sont directement utilisés en distillerie. Compte-tenu de l'utilisation de la mélasse, c'est l'équivalent de 30 p. cent de la canne produite qui va à la distillerie. Les exportations de rhum représentent 27 p. cent en valeur des produits d'exportation de la canne. La filière rhum représente donc une part sensible de l'économie de la canne. Des résultats de la recherche plaident pour la sélection de cannes plus adaptées à l'usage de la distillerie.

Mots-clefs additionnels : *acides organiques alcools supérieurs acide propionique*

SUMMARY

Rum connection and sugarcane production

Almost 17 p. cent of the sugarcane production in the French West Indies is directly used in distillery. Taking into account the utilization of molasse, about 30 p. cent of the sugarcane production is used in rum manufacturing. Rum exportation is about 27 p. cent, in marked value, of the sugarcane exported products. Rum manufacturing is thus a sensitive part of sugarcane economy. Some research results argue about selection for distillery purposes.

Additionnal keywords : organic acids superior alcohols propionic acid

I - INTRODUCTION

La production rhumière des Antilles Fraçaises devrait, dans les prochaines années, connaître une double mutation :

- une mutation **industrielle** avec la concentration et la rationalisation des unités de production
- une mutation **technologique** du fait d'une meilleure maîtrise des procédés de fabrication et de l'introduction d'innovations liées à la diversification dans les modes de consommation des rhums.

Les perspectives offertes par l'ouverture des marchés européens en 1993 vont accélérer les négociations portant sur la définition et la classification des rhums. A l'origine, le développement du secteur rhum a été étroitement associé aux autres produits de la filière canne à sucre aux Antilles Françaises. Une évolution se dessine dans le sens des modifications connues dans les autres pays de la Caraïbe. L'indépendance de l'industrie rhumière s'élargit, et les sources d'approvisionnement en matières premières ne sont pas nécessairement localisées dans la zone. Notons aussi que l'éthanol carburant peut devenir, de par l'appartenance des DOM à la CEE, un produit industriel pour des régions où le déficit énergétique est extrêmement important.

Dans la sélection de la canne, le saccharose a été privilégié au détriment des coproduits issus du « non-sucre ». Le développement de la biotechnologie et les recherches sur la microbiologie, où l'accent est mis sur l'utilisation des microorganismes dans les industries de fermentation, peuvent conduire à des résultats intéressant la rhumerie, parmi d'autres secteurs agro-industriels ou agro-alimentaires.

II - FILIERE RHUM ET CANNE A SUCRE AUX ANTILLES FRANÇAISES

Selon le rapport d'activité de l'ODEADOM, la filière rhum a consommé directement, pour la prodution de rhum agricole, 166 000 tonnes de canne en 1986, soit 16 p. cent de la production de la Guadeloupe et de la Martinique. Il existe aussi une consommation indirecte, du fait de l'utilisation de mélasse en distillerie. Quantitativement, la production de rhum à base de mélasse est presque équivalente à celle du rhum à base de jus de canne (tab. 1). En schématisant, c'est l'équivalent de 30 p. cent de la canne produite qui a suivi la filière rhum. En ce qui concerne les exportations de la Guadeloupe et de la Martinique, le rhum représente 27,6 p. cent en valeur des produits issus de la canne exportés en 1986 (tab. 1).

Ces éléments permettent de situer la place de la filière rhum tant du point de vue quantitatif que du point de vue financier dans l'économie cannière de ces deux îles ; cette place apparaît non négligeable, d'autant plus que le secteur rhum est ouvert à l'innovation pour l'élaboration de produits nouveaux.

Les efforts en matière de production cannière devraient donc tenir compte des besoins spécifiques de la filière rhum.

TABLEAU 1 - Production cannière (en tonnes) de la Guadeloupe et de la Martinique en 1986 et secteur rhum (hectolitres d'alcool pur).

Production	Guadeloupe	Martinique	Total
Rhum agricole HLAP	14 356	73 281	87 637
Autres rhums HLAP	52 659	25 697	78 356
Total HLAP	67 015	98 888	165 903
Exportation (rhum) HLAP	56 679	84 801	141 480
Canne en distillerie T	30 500	135 600	166 100
Canne produite T	743 138	245 004	988 143
Sucre T	65 589	6 817	72 406
Exportations (Sucre) A	153 143	—	153 143
Exportations (Rhum) B	45 811	12 742	58 553
B/(A+B) %	23	100	27

A et B sont exprimés en millier de Francs
HLAP : hectolitre d'alcool pur
T : tonne

III - BESOINS DE LA FILIERE RHUM

ROSEMAIN (1979) a examiné les aptitudes rhumières de diverses variétés de canne à sucre (de caractéristiques agronomiques connues) dans des conditions climatiques particulières à la Martinique. Les essais ont été réalisés dans un pilote semi-industriel. Les analyses physico-chimiques des rhums ont porté essentiellement sur la fraction alcools supérieurs. Des essais de dégustation ont également été réalisés. De ces études préliminaires, il ressort des différences entre les aptitudes rhumières des variétés de canne à sucre.

Toute une série de travaux ont été menés par les laboratoires de l'INRA sur la composition chimique des cannes à sucre, tant sur la fraction « sucre » que sur la fraction « non-sucre ». Certains résultats ont été publiés (CELESTINE & PARFAIT, 1987, 1988 ; CELESTINE & OUENSANGA, 1988). Globalement, les teneurs en non-sucre (en particulier les acides aminés) sont faibles. Dans la fraction minérale, le potassium et le soufre prédominent, au détriment des éléments plus essentiels aux besoins de la levure : Mg, Mn et P (BRAVO, 1986). De tels travaux sont à développer dans la mesure où les fondements de l'effet variétal peuvent s'en dégager ; ils peuvent aussi conduire à l'utilisation des concentrés, la mélasse apparaît déjà comme une meilleure matière première sur le plan de la composition en termes d'aptitude à la fermentation.

L'utilisation des constituants de la matière première par les agents de la fermentation rhumière ont fait l'objet de plusieurs études. FAHRASMANE (1983) a montré que la composition de la canne à sucre en acides organiques influe de façon sensible sur le métabolisme des levures : certains acides organiques, dont l'acide citrique, modifient le spectre des acides gras courts synthétisés au cours de la fermentation alcoolique, et donc les propriétés aromatiques des produits obtenus. GANOU *et al.* (1986) ont montré que l'acide éthyl2-méthyl3-butyrique, naguère considéré comme caractéristique des rhums, est en fait d'origine bactérienne, et est synthétisé à partir de substrats comme le sucre et le glycérol.

L'inventaire des microorganismes présents dans les milieux fermentaires de l'industrie rhumière est très avancé. Après les travaux de AUTHIER-MAYEUX (1960) sur la flore existant sur la canne à sucre, GANOU (1984) a fait l'inventaire des bactéries aérobies. Dans la flore bactérienne anaérobie, les *Clostridia* et les **bactéries sulfato-réductrices** seraient prépondérants, surtout dans la mélasse, contrairement à ce qui se passe dans le jus de canne.

En ce qui concerne le bilan de la fermentation rhumière, deux points essentiels sont à noter :

- les rendements dont de 0,521 AP/Kg de sucre en mélasse, t de 0,411 AP/Kg de sucre en jus de canne
- les teneurs en acide propionique distinguent les rhums parmi les autres eaux-de-vie

Aux Antilles Françaises, d'une manière générale, les tendances vont vers des fermentations avec des faibles concentrations en sucre (moins de 100 g/l). L'utilisation des « facteurs de survie » (certains, comme les phytostérols, sont présents dans les cires des tiges de canne) pourrait inverser radicalement cette tendance. Une telle

orientation se développe actuellement dans nos laboratoires (BOURGEOIS & FAHRASMANE, 1988).
Sur le plan industriel, des résultats significatifs ont été obtenus dans l'allègement des rhums en intervenant sur la fraction acides gras ; les premiers travaux ont été poursuivis par des recherches sur les contributions des bactéries aérobies (GANOU, 1987), qui sont actuellement étendues aux bactéries anaérobies. La connaissance de cette fraction à divers stades de l'élaboration des rhums apparaît comme une priorité.
Les travaux de recherche sont moins abondants sur la distillation et le vieillisssement des rhums. On observe essentiellement des transferts de technologie à partir des autres industries de spiritueux, ainsi que des mises au point industrielles. Citons notamment l'utilisation des extraits de bois dans le vieillissement, et la conduite de la distillation avec extraction de certaines phases.
En définitive, aux Antilles Françaises, les travaux ont été facilités par les progrès observés dans les techniques analytiques , en particulier par l'utilisation de la chromatographie en phase vapeur et de la HPLC. Elles sont pour l'instant essentiellement localisées dans le secteur de la recherche, mais s'étendent progressivement dans le contrôle de fabrication à l'échelle industrielle. Les besoins de la filière rhum en matière de recherche et de technologie seront de ce fait encore mieux formulées.

IV - CONCLUSION

Les critères actuels de sélection de la canne à sucre sont exclusivement tournés vers la sucrerie. Les besoins en matière première mieux adaptée à la fermentation rhumière sont caractérisés par l'augmentation du « non-sucre », et donc par la nécessité de l'émergence de la notion de **canne à rhum** en faveur d'un secteur économiquement non négligeable, et perméable à l'innovation en matière de produits nouveaux porteurs.

REFERENCES

AUTHIER-MAYEUX P., 1960 - *Some studies on the microbial flora of sugar cane.* Th. Mast. Sci., Louisiana St. Univ.

BOURGEOIS P. & FAHRASMANE L., 1988 - Effet des stéroïdes de la canne à sucre sur les levures en fermentation alcoolique. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 21 (5), 555-557.

BRAVO R., 1986 - *Rapport A.T.P. canne à sucre*, INRA n° 4364

CELESTINE-MYRTIL D. & PARFAIT A., 1987 - HPLC analysis of sugars in sugar cane stalks. *Int. Sugar J.*, 89 (1066), 186-190 et (1068), 217-220.

CELESTINE-MYRTIL D. & PARFAIT A., 1988 - HPLC determination of organic acids in sugar cane and its industrial by-products. *Int. Sugar J.*, 90 (1070), 28-32.

CELESTINE-MYRTIL D. & OUENSANGA A., 1988 - Distribution of simple sugars and structure polysaccharides in sugarcane stalks. *Sugar J.*, 50 (8), 11-14.

FAHRASMANE L., 1983 - *Contribution à l'étude de la formation des acides gras courts et des alcools supérieurs par les levures de rhumerie.* Th. Doct. 3e cycle, Univ. Sci. Techn. Languedoc.

GANOU-PARFAIT B., 1984 - *Contribution à l'étude des bactéries des milieux fermentaires de rhumerie.* Th. Doct. Univ., Univ. Sci. Techn. Languedoc.

GANOU-PARFAIT B., PARFAIT A., FAHRASMANE L. & JOURET C., 1986 - Origine de l'acide éthyl2-méthyl3-butyrique composant de l'acidité volatile des rhums. *Belgian J. Food Chem. Biotechn.*, 41 (1), 21-24.

GANOU-PARFAIT B., FAHRASMANE L. & PARFAIT A., 1987 - *Bacillus* spp. in sugar cane fermentation media. *Belgian J. Food Chem. Biotechn.*, 42 (6), 192-194.

O.D.E.A.D.O.M., 1988 - *Rapport d'activité 1986.*

ROSEMAIN R., 1979 - Aptitude rhumière des variétés de canne à sucre. *Notes et Informations Cent. Techn. Canne Sucre Martinique* (1), 2-8.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane, 9, 79-81, 1989.

LES CULTURES *IN VITRO* : UN NOUVEL OUTIL AU SERVICE DU PROGRES AGRICOLE EN GUADELOUPE

II. CANNE A SUCRE

FELDMANN Ph., FEREOL L. & ROTT Ph.

IRAT-CIRAD Station de Roujol F97170 PETIT BOURG

RESUME

Quelques améliorations à la technique de production de vitroplants de Canne à sucre sont rapportées. Les utilisations de cette technique pour la création de nouvelles variétés, pour la production de plants sains et la mise au point de tests précoces de résistance aux maladies sont brièvement exposées.

Mots-clefs additionnels : *Zone tropicale culture* in vitro *résistance* Ustilago scitaminea Xanthomonas albilineans Puccinia melanocephala Clavibacter xyli *subsp.* xyli

SUMMARY

In vitro *cultures* : *a new tool for agricultural progress in Guadeloupe (FWI). II. Sugarcane.*

Some improvements to the technique of tissue culture of sugarcane are reported. This is followed by a brief account of the use of this technique for breeding new varieties, for producing healthy planting material, and for perfecting early disease-resistance tests.

Additional keywords *:* Tropics tissue culture resistance *Ustilago scitaminea Xanthomonas albilineans Puccinia melanocephala Clavibacter xyli* subsp. *xyli*

I - INTRODUCTION

Les principes de la culture *in vitro* ainsi que les buts qu'elle permet d'atteindre ont été rappelés dans un article précédent (FEREOL, 1989). Ces propos étaient illustrés par l'exemple de l'Anthurium. Dans le présent article sont évoqués les travaux relatifs à la Canne à sucre qui sont menés au laboratoire de culture *in vitro* de l'IRAT-CIRAD en Guadeloupe.

Pour cette espèce, la culture *in vitro* permet :

- d'envisager la création de nouvelles variétés améliorées.
- de multiplier rapidement et en grande quantité des plants sains à l'abri des maladies de la canne à sucre.
- d'étudier les maladies en conditions contrôlées et de contribuer à la mise au point de tests précoces de criblage de clones résistants.

II - METHODOLOGIE DE LA CULTURE *IN VITRO* DE LA CANNE A SUCRE

La mise au point des techniques de culture *in vitro* utilisées pour l'installation et la multiplication de plants en milieu tropical a nécessité des adaptations spécifiques.

Le climat chaud et humide de la Guadeloupe favorise le développement important des microorganismes, ce qui rend délicat le maintien de strictes conditions d'aseptie, indispensables à l'utilisation de la culture *in vitro*.

Une technique originale d'initiation *in vitro* a été élaborée. Elle consiste à prélever aseptiquement les bourgeons ou les tissus du sommet de la tige de la canne à sucre, sans les soumettre au contact direct des produits désinfectants habituellement utilisés et souvent traumatisants pour les jeunes tissus. Cela est possible car ces tissus bien protégés par les gaines foliaires du sommet de la tige sont peu colonisés par des microorganismes. Ce protocole a permis d'augmenter de 1 à 60 p. cent les taux de réussite pour les mises en culture des bourgeons de canne à sucre (FEREOL & BONNEL, à paraître).

Les impératifs de production de masse ont été résolus par l'amélioration de la composition des milieux nutritifs utilisés : emploi de fortes teneurs en saccharose et de milieux liquides et utilisation de conteneurs pour vitroplants de grande taille (bocaux en verre et boîtes en plastique stérilisables).

La bonne réussite d'une opération de multiplication de plants par culture *in vitro* est déterminée finalement par un bon déroulement de la phase du sevrage, c'est à dire de l'adaptation aux conditions environnementales extérieures. A ce moment là seulement, l'enracinement et le développement des vitroplants seront particulièrement rapides.

La plantation et la culture directe au champ de ces vitroplants nécessite des précautions spécifiques, en particulier pour le contrôle des adventices et la préparation du sol.

III - CREATION DE NOUVELLES VARIETES DE CANNE A SUCRE

Le passage *in vitro* par un stade indifférencié ou cal, c'est à dire une masse de cellules se multipliant de manière plus ou moins anarchique (fig. 1), est susceptible d'induire des modifications par rapport à la plante de départ. Certaines modifications pourraient être intéressantes, comme l'augmentation de rendement ou la résistance aux maladies par exemple.
De nombreuses expérimentations ont été effectuées dans ce sens par l'IRAT aussi bien en Guadeloupe qu'en France métropolitaine et à la Réunion. Les résultats obtenus ne permettent pas dans l'état actuel des recherches de retenir cette méthode pour créer de nouvelles variétés intéressantes chez la canne à sucre. Certaines modifications de comportement ont toutefois pu être notées notamment après un long séjour des plants *in vitro*. Ces modifications sont toujours restées exceptionnelles et spécifiques de certaines variétés.

IV - PRODUCTION DE MASSE DE PLANTS SAINS PAR CULTURE *IN VITRO*

Parmi les facteurs de chute de rendement d'une plantation de Canne à sucre, les maladies et les parasites occupent une place non négligeable dans les Petites Antilles (TORIBIO & BERAMIS, 1989). Les principales maladies de la Canne à sucre en Guadeloupe sont :
- le **Charbon** provoqué par le champignon *Ustilago scitaminea*
- la **Rouille** dont l'agent causal est le champignon *Puccinia melanocephala*
- l'**Echaudure des feuilles** ou **leaf scald**, due à la bactérie *Xanthomonas albilineans*
- le **Rabougrissement des repousses** ou **Ratoon stunting disease** (RSD), provoqué par la bactérie *Clavibacter xyli* subsp. *xyli*

Les maladies fongiques sont essentiellement propagées par le vent, et les maladies bactériennes par les instruments de travail et de coupe. La mise en place de pépinières assainies est un moyen efficace pour améliorer rapidement l'état sanitaire des plantations en particulier pour les maladies bactériennes moins susceptibles de recontaminer rapidement un champ sain. La réalisation de telles pépinières est grandement facilitée par la possibilité de multiplication *in vitro*. Le matériel végétal de départ est composé des variétés conseillées par le CTICS, qui passent deux ans en quarantaine à Montpellier où leur état sanitaire est contrôlé par des tests sérologiques spécifiques des maladies majeures de la Canne à sucre. Elles y subissent également deux traitements curatifs à l'eau chaude (thermothérapie). Une fois « libérées » de quarantaine avec toutes garanties sanitaires, elles sont installées *in vitro* par culture de bourgeons et envoyées en Guadeloupe, où une collection *in vitro* (vitrothèque) est constituée.
Ces clones peuvent alors être multipliés à tout moment selon la demande. La multiplication *in vitro* permet potentiellement d'obtenir un grand nombre de plants, plusieurs millions en un an à partir de quelques vitroplants.
Depuis 1986, et chaque année, des pépinières de vitroplants assainies sont ainsi constituées par le CTICS. Moyennant certaines précautions de culture et de récolte, elles permettent d'ores et déjà la plantation de pépinières, puis de champs de production, relativement indemnes de maladies.

V - ETUDES *IN VITRO* DES MALADIES DE LA CANNE A SUCRE

La culture *in vitro* offre la possibilité d'observations fines sur des plants miniaturisés dont la croissance s'effectue dans des conditions standardisées. C'est une situation intéressante pour étudier les relations entre la canne à sucre et des agents pathogènes, et notamment pour mettre au point des tests précoces de résistance aux maladies. Il a été possible de reproduire *in vitro* les symptômes de deux maladies de la canne à sucre à savoir le Charbon et l'Echaudure des feuilles. En ce qui concerne le Charbon par exemple, il a été montré que le champignon pénètre dans les tissus des vitroplants d'une variété sensible (B 72-191) et qu'il provoque la formation des « fouets » caractéristiques de la maladie dans les tubes de culture (FEREOL, 1984). Ce résultat est une étape importante pour la mise au point d'un test précoce de résistance à *Ustilago scitaminea*. De nombreuses variétés de canne à sucre ont ensuite été inoculées *in vitro* et leur comportement vis à vis du Charbon a été évalué. Le niveau de résistance au Charbon *in vitro* s'est révélé sensiblement le même que celui que l'on note au champ pour les variétés étudiées. On peut donc dès à présent envisager le repérage précoce *in vitro* des variétés de canne à sucre sensibles à *Ustilago scitaminea*.

VI - CONCLUSION

Les problèmes économiques, sociaux et techniques de la « filière Canne » en Guadeloupe sont complexes.
Leur résolution requiert la collaboration étroite des professionnels, des pouvoirs publics et des chercheurs.
L'introduction des techniques de culture *in vitro*, jusqu'alors outil de recherche, dans les schémas de production de boutures saines ouvre en effet la voie à de grands progrès, en particulier dans le domaine phytosanitaire, qui a été considéré trop longtemps comme secondaire.

REFERENCES

FEREOL L., 1984 - Inoculation of *in vitro* cultivated sugarcane with smut (*Ustilago scitaminea*). *Can. J. Bot.*, 62 (10), 2043-2046.

FEREOL L., 1989 - Les cultures *in vitro*, un nouvel outil au service du progrès agricole en Guadeloupe : I. Anthurium. *Bull. agron. Ant. Guy.*, 8, 24-26.

TORIBIO A. & BERAMIS M., 1989 - Quelques problèmes pathologiques du système aérien de la Canne à sucre en Guadeloupe. *Bull. agron. Ant. Guy.* (dans ce même numéro).